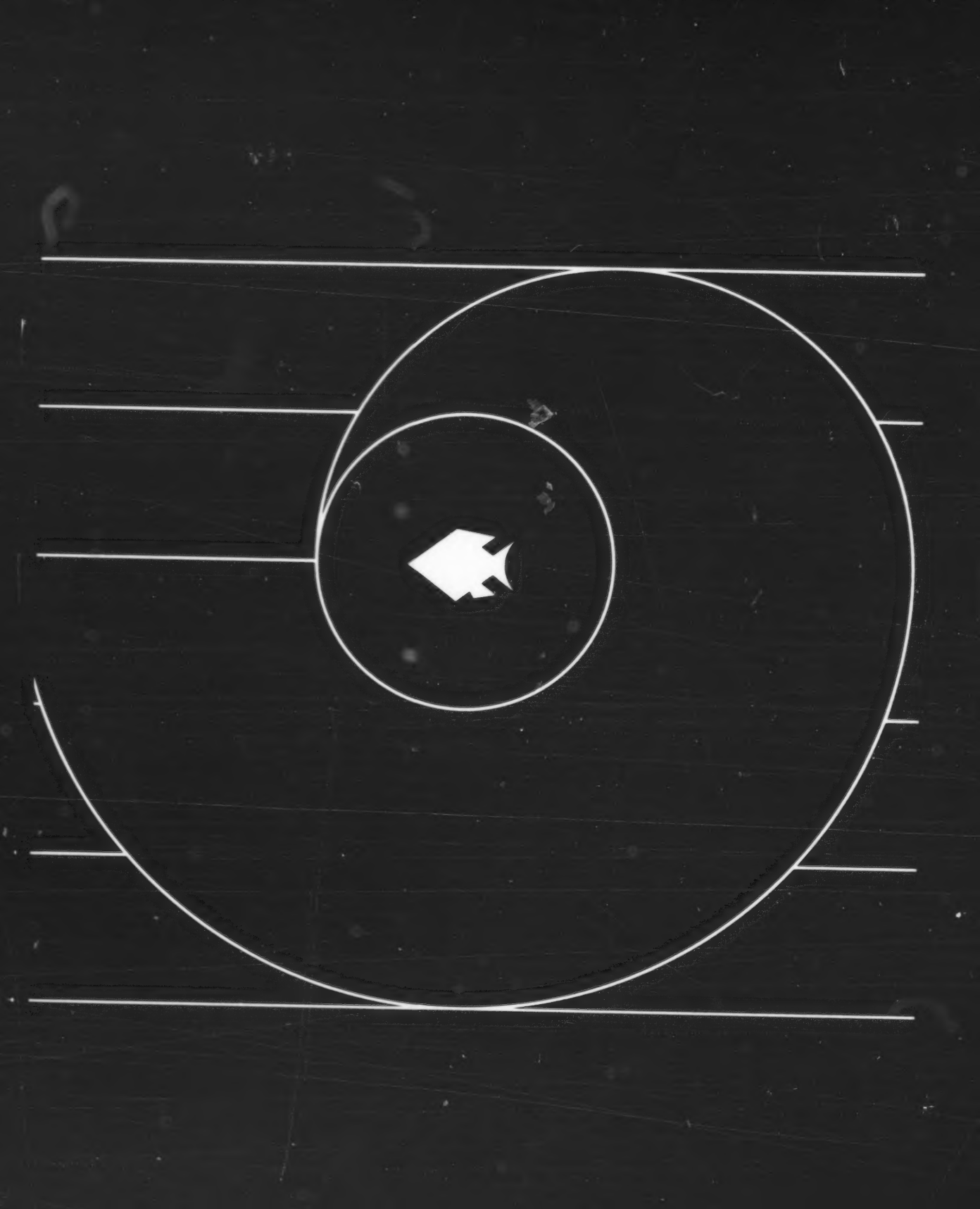


86-03080/

The Fisheries Research Board of Canada Reports series encompasses studies, symposia, and special reports.

Report No. 1 — "The Way Ahead" Symposium on the 75th Anniversary of the Fisheries Research Board of Canada.

Report No. 2 — The Fisheries Research Board of Canada — Seventy-Five Years of Achievements. By W. E. Ricker.

Report No. 3 — Science for Canada's Shelf-Seas Fisheries. By H. A. Regier and F. D. McCracken.

Report No. 4 — Biological Oceanography in Canada: A Perspective and Review. By T. R. Parsons.

Report No. 5 — Natura Naturans: A Symposium on the Fry Paradigm.

Report No. 6 — Structured Aquaculture Development with a Canadian Perspective. By G. I. Pritchard.

Report No. 7 — Science for the Scattered Fisheries of the Canadian Interior. By H. A. Regier.

Report No. 8 — Physical Oceanography in Canada. By C. R. Mann.

Report No. 9 — Chemical Oceanography in Canada. By C. R. Mann.

Report No. 10 — Science for Canada's Fisheries Rehabilitation needs. By K. H. Loftus.

Report No. 11 — Science for Canada's Atlantic Inshore Seas Fisheries. By F. D. McCracken and R. S. D. Macdonald.

Report No. 12 — Aquatic and Environmental Quality: Problems and Proposals. By. H. H. Harvey.

Published by

Fisheries and Environment Canada

Fisheries and Marine Service

Scientific Information and Publications Branch

Ottawa K1A 0H3

Publié par

Pêches et Environnement Canada

Service des pêches et des sciences de la mer

Direction de l'information et des publications scientifiques

©Minister of Supply and Services Canada 1976

Available by mail from

Printing and Publishing
Supply and Services Canada
Ottawa, Canada K1A 0S9

or through your bookseller

Catalog No. Fs 97-10 13
ISBN 0-660-00870-3

Price: Canada $3.00
Other countries $3.60

Price subject to change without notice

Contract No. OKT 6-3405
Printed by
Imprimerie Nationale
Joliette, Qué

Aquatic Environmental Quality: Toxicology[1,2]

R. D. HAMILTON

Department of the Environment, Fisheries and Marine Service, Freshwater Institute, Winnipeg, Man. R3T 2N6

Contents

2 ABSTRACT/RÉSUMÉ
2 INTRODUCTION
3 SCOPE AND SCALE OF THE PROBLEM
4 RESPONSIBILITY AND COORDINATION
6 LEVEL OF CANADIAN EFFORT
8 THE PROPONENT PAYS?
10 PRIORITY SETTING
11 INFORMATION
13 EARLY WARNING SYSTEMS
14 SOME SPECIFIC ISSUES
15 PUBLIC EDUCATION
16 SUMMARY
17 ACKNOWLEDGMENTS
17 REFERENCES

[1] Reprinted from the *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 1976, 33(11): 2671–2688.

[2] This report was prepared under contract for the Fisheries Research Board of Canada. The views expressed are those of the author and not necessarily those of the Board.

Abstract

HAMILTON, R. D. 1976. Aquatic and environmental quality: toxicology. FRB Report No. 13: 1–18.

Canadian research and control activities regarding the impact of toxic chemicals on aquatic environments are reviewed. Evaluation of specific research programs or results is not treated but an attempt is made to raise and discuss issues common to the problems posed by the use of toxic chemicals.

Résumé

HAMILTON, R. D. 1976. Qualité de l'environnement aquatique: toxicologie. FRB Report No. 13: 1–18.

L'auteur passe en revue les travaux de recherche et de contrôle concernant la répercussion des substances chimiques toxiques sur les milieux aquatiques. Il ne traite pas de l'évaluation de programmes de recherche ou de résultats spécifiques, mais soulève et analyse les points communs que pose l'utilisation des substances chimiques toxiques.

Received April 15, 1976
Accepted July 13, 1976

Introduction

THE Fisheries Research Board of Canada's interest in matters relating to pollution dates back almost to its inception. Indeed, the Board honored the 50th anniversary of the National Research Council by issuing a special volume composed of selected papers back to 1902 that dealt with pollution (Fisheries Research Board of Canada 1966).

This interest has had an impact on pertinent world literature disproportionate to Canada's general scientific effort. In reviews (e.g. Pimental and Goodman 1973; NAS 1973) Canadian efforts are frequently cited as definitive. Usually these citations are confined to areas that, through time, have become recognized as key issues. For example, in the reviews above, all the aquatic animal behavior studies cited were by Canadian authors and almost all were published in the *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*. Coupling this observation with other papers by Canadian authors that were not cited, one concludes that Canada has some claim to leadership in several fields relevant to pollution. Similarly, J. R. Brett's work, so frequently cited, was included as the definitive work on thermal effects in the recent effort to set criteria in the U.S. D. F. Alderdice's work has set world standards as well as that of M. Waldichuk. Although not original research, J. B. Sprague's reviews are recognized worldwide as key reviews in this particular problem area.

These comments should not inflate the ego of the nation, because the efforts of Sweden and its environmental agencies easily rival and frequently surpass our impact in these matters. They only illustrate the fact that Canada's long-standing concern and effort on pollution issues have had a large impact on the scientific community.

It is therefore appropriate that the Board, at this time, should commission a study to: review and assess Canadian research activities regarding toxic chemicals and complexes of such chemicals in the aquatic environment. Particular attention is to be focused on the division and coordination of responsibilities and activities among international agencies as well as domestic agencies such as universities, provincial and federal groups. Discuss mechanisms for assessing new chemicals that appear to have potential as contaminants and the adequacy of "early warning" systems which might prevent crises such as mercury.

The proposed objective is so broad as to preclude study and assessment of all suggested topics. Division and coordination of responsibility was largely beyond the scope of these studies because of time and the fact that no coherent division of responsibility appears to exist provincially, nationally, or internationally. Mechanisms for handling the challenges posed by use of toxic chemicals are chaotic, to say the least.

Consequently, the study concentrates on aspects of what I call "aquatic environmental toxicology" to the detriment of other fields such as analytical chemistry, monitoring, and transport. A focus is placed on the use of organisms as indicators or predictors of chemicals in the aquatic environment. To paraphrase Loomis (1974): environmental toxicology is, therefore, that branch of toxicology that deals with incidental exposure of biologic tissue to chemicals that are basically contaminants of the environment, food, or water. It is the study of the causes, conditions, effects, and safety limits of exposure to chemicals.

Even with this narrow view of the total prob-

lem the author was inevitably drawn from considerations of research to much broader issues. Therefore, this document does not attempt to treat, discuss, or evaluate specific projects or their results. It attempts to raise issues that are important to anyone approaching the problems posed by toxic chemicals in aquatic environments, irrespective of individual activity or discipline.

Scope and Scale of the Problem

In drafting this section one might be accused of dealing in scare tactics, such as found in unreasoned popular articles. This is not intended. A few facts are stated to add perspective to the issues.

You might recall pictures taken by the Apollo flights of the "spaceship Earth." These pictures of the blue and white planet against the black backdrop of space clearly demonstrate a system that is closed in every sense except energy exchange. Man's activities in this system have attained such a scale and intensity that he can now affect continents and even the globe itself. Moreover, one need not invoke the total world community; a single industrialized nation is capable of creating global problems. It has been estimated that Canada contributes over 5% of the SO_2 loading to the world atmosphere and most appears to originate with a single industry — base metal smelting (Summers and Whelpdale 1975).

Simply stated, there are two major problem areas: 1) use, disposal, and dispersion of specific chemicals, and 2) industrial and domestic effluents (aerial and aqueous) of mixed, variable, and changing chemical composition.

In the matter of specific chemicals it is possible to cite fairly precise figures. Approximately 1.8 million chemical compounds have been synthesized by man, about 9000 of these are produced in amounts exceeding 2000 pounds annually, and in excess of 10,000 compounds are in what is termed "commercial production" (more than 100 pounds per year) (Gillette 1974; Scott 1974). As relatively few of the 2 million chemicals have been tested for such an important aspect as carcinogenicity, one can reasonably suspect that environmental issues have been explored in very few, and only in the most obvious instances. Moreover, instances of detailed environmental assessment have been capricious. Why was nitrilotriacetate (NTA) tested to extinction when vinyl chloride (VC) was not, especially when one considers that production of VC is many times that projected for NTA? Why was TFM accepted as lampricide and dispersed into the Great Lakes Basins on a large scale without significant mammalian testing until many years following its initial use?

Suppose we perform a detailed assessment of all chemicals judged likely to affect the aquatic environment. Suppose we ignore all current production and use of synthetic chemical. That is to say, forget about the existing 10,000 chemicals produced in the U.S. alone (plus 1000 chemicals in 60,000 different formulations) (Kearny in Khan 1973); the 137 billion pounds of synthetic organics (120 billion pounds of vinyl chloride alone) produced in North America in 1970, a production increasing by 10% each year (Stoker and Seager in Khan 1973); the volatilization of gasoline and dry cleaning fluids to the atmosphere, as well as the province-wide use of forest pesticides in New Brunswick and the production of $8–10 \times 10^8$ pounds (1968) of phthalate esters (NAS 1973), compounds known to be persistent and toxic to aquatic organisms.

If it were acceptable to society that such products could be considered past history and, therefore, of little current interest (remember mercury), the fact remains that new chemicals are synthesized at the rate of 25,000 per year or about 500 per week. Of these, eight are seriously considered for production each week (Scott 1974). Between 1968 and 1974 about 2000 new chemicals were actually brought into production, so it can be assumed that roughly 75% of the compounds do reach production scale. In sum, about 300 new chemicals can be expected to reach production scale each year.

Assume further that only 10% of these compounds can reasonably be perceived as threats to the aquatic environment in any way, then it can be projected that Canadian government environmental agencies should, in some way, be concerned with about 30 novel chemicals annually. This is a judgment on one chemical every 12 days. This is appalling; a simple 10% error in judgment either for or against a compound could result in one severe economic consequence and/or ecological disaster per year. To render judgment on this scale is impossible, given present or even optimistic projections of future resources. Consequently, priorities are necessary, established on a set of scientific criteria.

The problem of industrial and domestic effluents is much more difficult to place in a meaningful perspective. If present trends continue, most fresh waters in the U.S. may soon be composed essentially of treated sewage. The toxicity of these wastes is variable, depending on the industry or industries in the particular water basin under consideration.

The problem is daunting, both in complexity and sheer scale of effect. Not content to pollute localized bodies of water we have graduated to larger scale efforts. Large marine areas are now little more than saline sewage treatment facilities. Other large areas are threatened with a similar fate (e.g. the Gulf of St. Lawrence). The present level of threat is also seriously affecting major areas such as the Baltic, North, and Mediterranean seas, as well as the Gulf of Mexico. In fact, we are quite capable of affecting the world ocean (SCEP 1970; Hood 1971).

Moreover, reasoned opinions have been presented concerning the ability of the atmosphere to translocate pollutants on a global scale (e.g. DDT, SO_2, HCB) and of our ability to modify the atmospheric envelope itself (e.g. fluorocarbons, carbon dioxide).

Man is now a geological agent, a description originally expressed by Dr E. Goldberg. Our activities are producing material loadings to our fresh waters, oceans, and atmosphere that markedly exceed natural processes. These ideas are appearing in science literature. A single example is the table cited by SCEP (1970). It treats a single specific issue, mining, and lists man-induced rates of material mobilization that exceed geological rates as estimated in annual river discharge to the oceans (thousands metric tons per year):

	Geological rates (rivers)	Man-induced rates (mining)
Iron	25,000	319,000
Nitrogen	8,500	9,800 (consumption)
Manganese	440	1,600
Copper	375	4,460
Zinc	300	358
Lead	180	2,330
Phosphorus	180	6,500 (consumption)
Molybdenum	13	57
Silver	5	7
Mercury	3	7
Tin	1.5	166
Antimony	1.3	40

As pressing as these concerns are to man, what are the effects on fish? Specifically, they are the stocking of the Great Lakes only to produce PCB-laden fish, the high productivity of Lake Erie which results in the increased production of coarse fish or fish unacceptable to sophisticated markets, and the acidification of lakes with the resultant loss of sport and subsistance fisheries.

The Canadian marine fishery is a productive industry and an important protein source. It has also been called a carefully disguised welfare scheme. In either event, it must be preserved, and in this context SCEP (1970) can be cited:

> "The present threat to marine fisheries lies not so much in the danger of polluting the grounds where the fish are caught but in the pollution of inshore areas where many species reproduce. These nurseries are being dredged, filled and polluted with nutrients and heavy metals. The value for commercial yields becomes a cost to be considered in evaluating policy for estuaries and coastal oceans."

The issue of contaminants and their impact on fisheries poses large and complex problems. There is little evidence that these general problems are being tackled in any coherent, logical manner at present, although excellent work is being done on specific problems and problem areas. Moreover, there is little evidence that the consequences of introducing new chemicals, or adopting policies toward effluent discharge, are being considered in decision making in a comprehensive meaningful way. This is not to say that certain site-specific issues are not resolved adequately but that the overall policy and problem evaluation appears deficient.

The actual utility of past efforts to resolve specific issues must be adequately documented for management. It would seem appropriate that the services of the Department of the Environment (DOE) begin a systematic effort to relate the use of toxic chemicals and the discharge of effluents to changes in the productivity of ecosystems under their mandate. Perhaps this effort could begin by focusing on the relationship, if any, between the implementation of the effluent regulation program and specific improvements in the quality of Canadian aquatic environments.

Responsibility and Coordination

Most Canadian research on aquatic contaminants is by the federal government.

Within government, the Department of the Environment is the major agency, mainly through the activities of Fisheries and Marine Service, Canadian Wildlife Service, and the Inland Waters Directorate. A précis of the roles of these groups is in the Canada Water Yearbook (1975). However, through contracts or grants the Environmental Protection Service (EPS) of DOE, the National Research Council (NRC), and the Department of Indian and Northern Affairs (DINA) also support research. The Ministry of Transport is charged with the prevention and cleanup of oil and other pollutant spills in marine areas, but there appears to be little research activity except

in the matter of technology development. The National Harbours Board may be similarly described.

Since the government reorganization in the 1970s, the Minister of the Environment has been responsible for approximately 80 different Acts, portions of Acts, or regulations under Acts. Of the 80 pieces of legislation, about 15 have to do in one way or another with environmental contaminants. Ten are directly concerned with contaminants as they affect aquatic resources rather than contaminants as they affect man.

In practice it is difficult for the uninitiated to determine which Minister actually controls certain Acts. This issue is especially difficult with the Department of the Environment and the Department of Indian and Northern Affairs in their legislative roles "north of 60." Although a major issue to people involved in enforcement, it has been a minor irritant to research people to date. However, it may soon become a major impediment to research in the arctic. More research effort is needed in the arctic and funding must be freed from jurisdictional battles; it must concentrate on key issues, not on who is employed by whom.

In any event, many pieces of legislation relate to the DOE effluent regulation program of the Environmental Protection Service (Anon, 1974). Under this program regulations are promulgated in consultation with other federal and provincial agencies and industry. Research in aquatic toxicology enters the process mainly through the development of fish bioassays for various industries, and through setting toxicity limits for appropriate regulations.

These regulations bear no relation to the quantity or quality of the waters receiving the effluent. They are based on "best practicable technology," an engineering term that has little direct significance to environmental issues. Although designed to reduce discharges and to prevent the occurrence of "pollution havens," their main effect appears to be the tentative chemical or biological standardization of effluents across the whole of Canada. Reduction of discharges or the toxicity of discharges is laudable but the idea that these regulations are significantly protecting the environment has not been generally substantiated to my knowledge.

Some provinces also have legal regulations for industrial effluents, sometimes more stringent regulations than those of the federal government. Moreover, some provinces have other legislation concerning protection of the environment. Traditionally, scientists have not been concerned with legal matters, but research people are tackling current problems. This tangle of legal instruments does have bearing on their work and a précis of pertinent legislation as well as appropriate explanations would be appreciated. As usual, Sweden has set a precedent (Lundkvist 1974). However, a very brief Canadian exposition is available of federal, international, and provincial agencies as well as pertinent legislation (Canada Water Yearbook 1975). Although well intended and sufficient for the audience of the Yearbook, it is unsatisfactory for the audience that I suggest be addressed.

Recently, an Environmental Contaminants Act was passed by parliament. This act is similar to one passed by Sweden in 1973 and if enforced (the ministers have authority on some matters but are not required to act), it would markedly enhance the ability to control the distribution, use, and disposal of toxic chemicals. An excellent précis of the background and history of the development of the act has been prepared by Dr J. C. Macleod of Fisheries and Marine Service but, to my knowledge, it has not been published.

In past years, Canadian governments have been faced by environmental crisis after environmental crisis and they usually responded as quickly and as thoroughly as circumstances and the ministers directed. However, the results of this ad hoc response are the proliferation of many environmental programs that are either reoriented residues of old crisis programs or are attempts on the part of national or regional management to anticipate issues.

Some existing research programs overlap, but it is difficult to define either the degree of overlap or the frequency with which it occurs. No special reason exists to consider overlap necessarily wrong. In fact, it may be laudable under certain circumstances. However, there is a lack of formal communication between these projects except in the sense of publications and "underground" networks, and governments would be better served if formal communications existed. Nevertheless, some efforts at coordination exist, which are not specifically related to research. A good example is the Federal Interdepartmental Committee on Pesticides that functions effectively. Various other committees exist; for example, those concerned with the use of forest pesticides, biting fly control, and mercury in the environment. Government's response to many issues is to form a committee. The efficacy of these committees to coordinate research is suspect for they seldom possess management capability. An exception to this is the Alberta oil sands environmental research program's steering and technical committees. This organization is a good example

of strong coordination to attempt a resolution of an environmental problem involving contaminants. Federal, provincial, university, and public research work will have to be welded by these agencies into a single program. Its degree of success remains to be seen and is largely dependent on the key individuals involved.

Canada is involved with international organizations and agencies, particularly in the marine field (e.g. Waldichuk 1973), but some involvement also exists regarding fresh water (Canada Water Yearbook 1975). Any coordination, however, is due to the goodwill of the parties concerned as few binding agreements appear to exist.

There is little evidence of comprehensive national liaison in these matters, although some liaison does occur within the higher management levels of federal and provincial governments. The productive functional level is probably that of the research scientists, and management coordination on functional basis is quite rare.

The situation is generally healthy. However, some improvement could occur in coordination if there was a way to establish governmental priorities in contaminants research. These priorities could be discussed and a consensus reached which could be communicated to the appropriate research components, both internal and external to government. This aspect is discussed elsewhere in this perspective.

Finally, in Canada there are a number of groups concerned with the practical and legal aspects of environmental contaminants. Unfortunately, in Canada there is also a tangle of federal, provincial, and municipal legislation regarding pollutants in the aquatic environment, but there is no description of federal and provincial agencies with their precise assigned roles. It would seem appropriate for Canada to imitate Sweden by publishing clear, concise, and non-legal descriptions of existing legislation and the responsibilities of key agencies, for consumption by the lay public and by concerned scientists. Such efforts should be delegated to a university or other legal communities external to the federal government. It would also appear that both DOE and DINA have been delinquent in defining their roles in the arctic in a manner conducive to the most efficient resolution of problems.

Level of Canadian Effort

New problems inevitably produce requests for new resources; thus, one of my first concerns was to try to establish the extent of Canada's present investment in manpower and dollars. This proved to be remarkably difficult in spite of the simple nature of the question.

1. The investigation of environmental contaminants and aquatic toxicology involves a wide variety of fields and disciplines. Activities are described by their proponents in very different ways. Moreover, the activities are distinct in certain ways and overlap in others. Thus, definition is a real problem.

2. The main investment is by the Government of Canada. This institution is remarkably cavalier in relating expenditures to well-defined activities. Data concerning sets of activities (e.g. "goals" or "objectives") are available, but their definition is so broad they are almost useless for this exercise. In addition, program descriptions may change with changing goals, program activities may not.

3. A number of surveys available (FAO 1974) depend on the interest, comprehension, and veracity of those questioned.

Surveys seem to be a serious preoccupation of international agencies and are suspect as a substitute for real research. In any event, these surveys and those conducted by government of its own activities suffer from a pronounced lack of attention to analysis of the basic data and editorial detail. As currently conducted, they fall well short of perfection and may even fall well short of utility.

Having delivered this apologia and confessed to some frustration, what follows constitutes the selected information compiled within the time available.

This country has turned large portions of its research activity to pollution problems in the last decade. The shift is very pronounced in government laboratories, but is hard to detect in the academic community, as these changes usually constitute minor conceptual shifts in individual research activity.

Although quantification is difficult, some data can be cited. In 1970–71, NRC conducted an inventory of pollution-relevant research in Canada (Sutton et al. 1972). The authors made no claim to completeness, but obviously they made every attempt to cover as many areas as possible. This document was searched, using a selected set of key words that, in my estimation, provided maximal output. This output was then analyzed and workers who focused on aquatic toxicology were selected. Of those responding to this survey, about 100 people could be considered actively engaged in research in this area. Most were employed by governments (60), with the federal fisheries component (mainly what was then the Fisheries Research Board of Canada) contributing 30. The remainder were largely associated with universities or with consulting firms.

Regrettably, no more recent inventory was available to the author. However, in 1974 about

50 people attended a Freshwater Institute Symposium on aquatic bioassays. The 1975 version of this symposium, held in Ontario, attracted even more (Craig personal communication). In 1973 about 100 people met to consider oil and the Canadian environment — of course not all were aquatic scientists or scientists interested in toxicology (Mackay and Harrison 1973). In 1974, some 100 Canadian researchers gathered to consider the transport of persistent chemicals in aquatic ecosystems (de Freitas et al. 1974). An FAO survey (FAO 1974) recorded about 21 Canadian institutions engaged in investigations regarding contaminants in aquatic organisms. Not all have bioassay expertise and many are concerned about contaminants affecting fish as food. Time did not permit an evaluation of provincial personnel or those in consulting agencies, although both areas are represented in the documents cited above.

To proceed from these considerations to expenditures — it is a matter of record that contracts are let by the Department of Supply and Services for other departments. The published record of the contracts was reviewed for the nearest annual period to this study. It is difficult to ascertain from a title and an abbreviated description the exact purpose of the contract, but approximately $1.7 million were expended on matters pertaining to the environmental impact of toxic chemicals, chiefly oil.

The contracts varied in price from a maximum of $470,000 to a minimum of $500. One would suspect from the titles of the two contracts that the cost should be reversed but, most contract costs seemed quite reasonable for the problem described, the average cost being about $22,000.

As could be expected, the Department of the Environment was by far the major contractor, and let some $1,360,000 in contracts. Surprisingly, the Department of Indian and Northern Affairs was second with $300,000, and other Departments fell far behind. These figures are based on the census of a single year and trends in government spending established in this manner are difficult to project.

Curiously, in completing this survey with an additional spot check on 2 more years of statistics it was not possible to find one instance of the Department of Regional and Economic Expansion letting a contract reflecting any environmental concern. Considering that this Department is a large-scale promoter of industrial expansion, one wondered what mechanisms are used to establish the impact of its many and varied projects. Apparently, such studies are conducted by the proponent and, thus, appear as studies by other agencies or private concerns. Data on this latter category were unavailable because of the proprietary nature perceived by most companies. Provincial expenditures were also largely unattainable in time available.

The following estimates were made of other federal expenditures:

The most recent NRC Directory of Federally Supported Research in Universities was reviewed using selected key words. It is estimated that some $600,000 are being expended annually via this route, with contracts and grants ranging from $1000 to $103,000.

Estimations of federal in-house expenditures are always debatable. For example, a recent survey of resources expended by Fisheries and Marine Service (FMS) on environmental problems (excluding contaminants in fish as food but including a major component dealing with oil), led to the estimate that approximately $2,000,000 and 100 man-years were applied to this area annually. This estimate was challenged for being too high, yet it was based on a rigorous and restrictive analysis of the Service project records. Admittedly, the survey was predicated on the assumption that the project codes used were reasonably precise, and that all project leaders used the correct code and not the code they deemed to be popular with management. It has been suggested that neither assumption is safe but it can be argued that this estimate cannot be far wrong and may even err conservatively.

The FMS 1974–75 budget exercises were also reviewed regarding certain selected goals and targets. Some personal judgment was used to estimate there is an expenditure of about 175 man-years and $3,500,000. It must be stressed that this estimate extends to areas well beyond aquatic toxicology but does appear to include most activities related to contaminants as they affect the resource, not as they affect fish as food. It may also include nonresearch activities.

To employ a crude estimate on the whole of DOE, of the approximately 650 research scientists employed, about 300 are in services directly concerned with the aquatic sector (Inland Waters, Fisheries and Marine Service, and surprisingly, the Environmental Protection Service which has no research mandate). Extrapolating from fairly firm knowledge of certain establishments I would suspect that 15% of DOE scientists are directly or indirectly involved in the study of toxic chemicals. This estimate might include some scientists concerned with pursuing research problems related to toxicants as they directly affect man.

Assume a figure of 100 research scientists in DOE is correct, and that $50,000 is a fair estimate of the cost per scientist, one can estimate

that the department, as a whole, may spend upwards of $5,000,000.

This total seems low compared to the figure derived from FMS alone but it should be stressed that it refers solely to research. If one goes through a similar exercise based on the FMS complement of about 210 research scientists, one can derive an estimate of 30 research scientists and an expenditure of $1,500,000 annually.

No access was available to expenditures on similar matters in the Canadian private sector. While much testing of toxicants is done in other countries at the present time, our environmental impact review process requires that some consideration be given to the use of such chemicals. Private expenditures on research are probably considerable and climbing, although this proposition depends heavily on how one defines research.

The net picture gained from these estimates is of a fairly large and active scientifically community within government and within the country. Moreover, data suggest the expenditure of considerable sums of money on pollution-related problems and on pollutants as they affect the biota. However, it is stressed again that the data are diffuse and so Canadian investment in this sector remains unclear. This state of affairs constitutes less than optimal management of research resources and poor management of what is a crisis issue.

It is essential that the Federal Government make a concerted effort to identify the level of human and other resources devoted to the question of research on, and control of, contaminants in the aquatic environment. Without such data there is no realistic way of reaching a reasoned management decision regarding the reallocation of research resources to resolve specific problems. Moreover, without such data and a reasoned list of priority issues, it would be unrealistic for management to approach the citizen for increased research or management resources.

The Proponent Pays?

Implicit in many pieces of legislation and in the attitudes of many governments (e.g. Canada, U.S., Sweden, and Great Britain, at least) is the concept that the polluter or the proponent pays. On the surface this seems an eminently sensible attitude. However, there are issues at stake which deserve intensive, albeit chiefly economic research, as well as a reevaluation of decisions at the highest of management levels.

The problem is that while the public is demanding the benefits from new industrial developments and from the use of new chemicals, it is also demanding better protection of the environment from the hazards posed by such developments or chemicals. Government response to this legitimate desire for enhanced protection is to implement stricter controls, environmental impact assessments, and the requirement for ever more thorough testing of chemicals. All these impose a burden on the proponent, a burden that is becoming very large indeed. To quote from Djerassi et al. (1974):

> "Despite the recent publication of many papers concerning the high cost of developing new pesticides, figures are hard to generate for individual products because of the proprietary nature of such information. In 1970, a survey of the pesticide industry claimed an average cost of $5.5 million for the development of a new pesticide. The time required for commercialization was 77 months. A similar survey of 14 companies reported an average cost of $44 million in 60 months in 1969. As pointed out correctly by Johnson and Blair, these figures are too low since they do not include the cost of pilot plants, process development or studies of waste control and other environmental factors. Their more realistic estimate leads to a figured $11 million over ten years which includes not only the cost of developing unsuccessful compounds, which must be borne by the successful ones, but also the additional costs involved in the failure to invest $11 million at 8% if the company had instead chosen merely to deposit the money in the bank."

This estimate is close to the $12 million quoted by the soap and detergent industry for the development of nitrilotriacetic acid (NTA) as a phosphate replacement. Moreover, environmental research work related to the oil sands development in Alberta has been estimated at $30–40 million over a 10-year period.

Although not all the costs regarding the development of a new chemical can be charged to proving environmental safety, it is certain that a large fraction of the investment goes toward dealing with such concerns and this cost is increasing.

Perhaps industry should accept these costs but it is doubtful if policy makers are aware the burden acts as an economic selection process which may not be in the best interests of the country.

In discussing these issues, it is necessary to separate the concept of responsibility from the argument. The proponent is certainly responsible for proving the environmental safety of the product and government is equally responsible for dictating to the proponent how to present such proof

and what degree of risk is acceptable. Costs of these activities are the issue for the business enterprise and the alternatives require decisions by government. Such decisions would require preliminary investment by government in socio-economic research to provide a good data base. It is doubtful that such research is currently underway in Canada.

One consequence of high costs is that only the large companies can afford to remain in business. Only they can afford the huge outlays and to tie up such massive blocks of funds for long periods of time. Thus, a selection process is imposed on the industry itself and it seems reasonable to suggest that this deserves some debate, especially in view of the thought that we may be actively selecting against Canadian industry.

Once the large companies have been selected another effect emerges — the larger the company, the larger the market must be for a product to be attractive. Djerassi et al. (1974) cited one example where this effect emerged and work on a promising pesticide was discontinued. In this instance the company even offered to donate the patents and rights to the state but the state could not accept.

An additional selection process is exerted by cost on the types of chemicals produced. For example, narrow spectrum pesticides are not developed unless the pest species is widespread or attacks a crop of major economic importance.

Moreover, it is cheaper to prove the environmental safety of a wide spectrum, low toxicity pesticide, than a narrow spectrum compound with, perhaps, relatively high toxicity. In spite of the desire to avoid the former with their impact on nontarget species, we may be economically encouraging their continued development and production.

Another consequence is that an agriculture such as ours, addicted to pesticides (e.g. Whelan 1975), continually requires new ones and these are not being developed. This fact has penetrated government to the extent that concern was recently expressed regarding the lack of new soil pesticides (FICP 1975); and the observation was recorded that "environmental considerations and regulations had dampened the enthusiasm of the manufacturing companies for development work due to the uncertainty of realizing an economic return," an observation not agreed to by all participants. However, the net result of such basically economic decisions is the continued manufacture and use of compounds known to be environmental hazards.

The view has been expressed that universities and government could generate data for pesticide registrations. The concept, if applied to government laboratories, appears to be contrary to present policy within certain services but is actively embraced by other services and departments. It is unlikely that most university people would be interested because the short-term dollars would not assist training graduate students. There is some sympathy in government circles for the position of the companies which is by no means restricted to this particular case. However, there seems to be little if any attempt to develop concerted action to resolve the problem.

Fischer (1974), in his review of an analogous issue (the environmental impact assessment process), made the point that such costs are a minor problem compared to reaching a suboptimal decision (optimal defined as the reduction of adverse environmental impacts). He further suggests that direct costs of assessments would decrease with increased experience as would such indirect costs as those associated with the delay of a project. The analogy becomes somewhat strained at this point because it would appear that increased experience in the field of toxicology has resulted historically in a demand for more assays as well as assays of increased sophistication; both demands result in higher costs. Fischer's main point is that the assessment process itself acts as a control process. Similar sensitivities have been expressed by the Canadian fishing industry during a recent symposium (Nelson 1973) and it has been suggested that emotion, not common sense, is a determinant (Fahnestock 1969).

Government indecision in these matters is becoming a subject for some debate in the scientific literature (e.g. Anon, 1975). If it is being debated in these circles, one can be absolutely certain that it has been debated for some time by the industries concerned.

Therefore, it can be suggested that the side effects of environment protection are becoming major selective forces within the affected industries and have become a serious factor in industrial decision making. It is proposed that it is time for governments to review their policy in these areas because strict adherence to the "polluter or proponent pays" may not be in the public's best interest. This is proposed because there is little or no evidence of formal effort to consider the concerns outlined above or to explore the increasingly obvious reluctance of industry to engage in new research and development activities regarding control agents. To quote Djerassi et al. (1974): "Policy makers then ought to consider whether special incentives are needed to stimulate the conduct of practical work in these areas or whether other sectors of the R&D com-

munity could contribute effectively to practical new approaches in these fields. *We make the categoric prediction that, if this is not done properly, most current public pronouncements on the likelihood of fundamentally novel human or insect population control agents will represent grossly optimistic exaggerations.*" (Italics mine.)

Various alternatives have been suggested in the U.S. and elsewhere to resolve these issues. This is not the proper forum for consideration of alternatives, but it must be recognized that costs associated with evaluating potential impact of industrial production of new chemicals are affecting the composition of the industries, their research activities, and decisions. Moreover, it is suggested that these costs may actually act as a selection process against Canadian industries in favor of large multinational corporations. Therefore, it would seem that the "polluter or proponent pays" philosophy is in need of debate and review to determine if strict adherence is still in Canada's best interest. Socioeconomics is probably the key research issue in this problem area.

Priority Setting

From the data presented on the rate of production of new chemicals, the costs of testing, and present investment in research, it is clear that Canada cannot afford to deal with all environmental contaminants problems in the same manner, nor carry them to the same degree of resolution. It is equally clear that industry cannot be loaded with an impossible burden, for to do so may actually mitigate against the best national interests. Moreover, it must be remembered that compounds required by government must be assessed by government, assays required by government must be developed by government, results from assays required by government must be checked by government. Almost all these activities could be called research or stated to be in need of research at the present time.

Consequently, within the research community and within the larger context of management of toxic chemicals, what is needed is a priority-setting mechanism that will generate priorized lists of toxicants for action by concerned agencies. Presumably, these agencies should then feed data to a final decision-making authority who balances need against the perceived level of risk.

The question is, how does Canada set those priorities?

The proposed U.S. Toxic Substances Act, the Canadian Act, and the Swedish Act all contain clauses that require industry to notify government of intent to produce or import chemicals. Government then is to decide which compounds require further data and can demand it. What is not currently clear is the basis on which government still decides that it has an interest. How is it to decide what are problems and what are nonproblems?

The Canadian government is attempting some action in this area and some action is apparent in connection with the Canadian/U.S. Agreement on Water Quality (Macleod personal communication). This is a key issue. It is suggested that priorities must be in place, at least provisionally, before any other action is taken under the Environmental Contaminants Act. Certainly, priorities must be set before requests for resources are made, for without a knowledge of priorities fiscal estimates of consequence cannot be placed before Parliament.

The literature contains a number of attempts to set priorities or to at least flag problems that concern informed individuals. Most of the better attempts appear to depend first on the desired level of protection required (NAS 1975) which, while basically a socioeconomic issue, is an important aspect of the decision-making process. Some assessment of potential risk must then be made (NAS 1975) in which it is recognized that no battery of tests or compilation of information can prove the complete safety of a chemical. It is suggested that, at this point, some estimate of benefit be considered, perhaps analogous to the human toxicologists use of effective dose (ED) in comparison with lethal concentration (LC). However, there is little evidence that this is done or proposed to be done even in such obvious applications as pesticides where an ED_{50} could easily be contrasted with, for example, LC_X data for man (LC_1, is probably untenable).

Both risk and benefit assessments will depend on such information as the relation between chemical structure and biological activity (Khan 1973; Veith and Konasewich 1975). Much use is made of the toxicity unit concept, developed by Sprague in his critical reviews of aquatic bioassay methodology (e.g. NAS 1973; Seba 1975). The relative acute toxicity concept (Loomis 1974) is finding some application as well.

Other attempts to set priorities, while recognizing toxicology data, deal with existing problems on the basis of scale and manner of use (SCEP 1970; Dryssen and Jagner 1972). This approach is particularly true of the oceanographic community. A recent Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) effort used chemical class, source, and function to categorize but not to priorize specific chemicals recognized as water pollutants. Categorization, while

useful, is a pitfall to be avoided if priorization is really required.

This study does not recommend definitive criteria to be used in setting priorities. It is important that Canada develop its own priority setting mechanisms and priorities. The efforts of other nations should be appreciated and not duplicated. However, Canadian concerns may prove unique or, at least, different. Indeed, concerns arise peculiar to individual provinces or regions. Moreover, in Canada the risks are assigned to one department (e.g. DOE) while the benefits are assigned to others (National Health and Welfare, CDA); an invidious situation.

In the more restricted context of aquatic toxicological research there is no evidence of a comprehensive effort to set priorities for Canada. Research seems to be initiated on specific toxicants for three main reasons: 1) it is the current fad, 2) it is imposed by external authority because of its crisis nature, and 3) the individual scientist is perceptive enough to anticipate upcoming issues and is persuasive enough to sell a program to, or hide it from, management. This situation could be improved if there existed a list of toxicants which the Canadian government believed to be problem chemicals. Concerned agencies could then be guided by, but of course not restricted to, this list when funding in-house or external research activities.

The present use of chemicals, the rate of production of new chemicals, and the costs of testing indicate priority setting mechanisms must be developed as all chemicals cannot be assessed to the same degree. It is essential that decisions to test are not taken capriciously. As the assessment of potential environmental impact of toxicants will require research and research resources which are limited, the issue of priority setting assumes particular importance.

Information

Before initiating a research program a good scientist reviews the literature to establish what is already known of the topic. The recent information explosion has made this task difficult. In the field of pollution, the problem is compounded by the vast amount of data which is proprietary, restricted to government files, or contained in government reports. In 1974, the American Fisheries Society conducted a survey which suggested that 30–60% of research efforts on pollution abatement conducted by U.S. Federal, State, and Canadian agencies were never formally published. That survey also estimated that 8–16 months elapsed before information publication and 18–28 months elapsed before formal publication in a scientific journal.

Many current reviews are of little use to the scientist because they tend to be superficial and user oriented. Some, which take the form of a list of slightly expanded titles (e.g. McKinnon et al., 1974), contribute to the information explosion rather than ease a researcher's task.

In considering reviewed or unreviewed publications it appears that experiments today are increa ıgly constructed on data that are currently available to the researcher and not on all available data. No one wants to reinvent the wheel but redundant research is becoming increasingly common. When the cost of decisions to use or prohibit the use of toxic chemicals and the investment in research is considered, the issue of readily available information assumes major proportions.

A study was commissioned recently in Fisheries and Marine Service to "increase the effectiveness and efficiency of scientific and technical information and data service in FMS." Nowhere in the objectives, terms of reference, or memoranda accompanying the announcement of this study was any mention made of toxic chemicals and their impact on the environment. The author of this review approached one member of the study to suggest that this was a key area of interest to the service, to the Department, and perhaps even to the country at large.

Problems in human health have been addressed recently by a United Nations study group on health hazards from new environment pollutants. The interim report suggests that the major problem facing the scientific community is to bring scientific and technical information from the published literature and other miscellaneous sources to those who need it (in real time). They note an estimate of at least 3000 articles in the area of pesticides alone published annually; these appear in perhaps 250 periodicals. The report of this study group examines various toxicological information handling systems, but most seem applicable only to human toxicology problems. However, the report does flag the issue of industrial data which may be released only on assurances that confidentiality will be preserved. In summation, the report proposed that an international register of toxic chemicals be created. Canada participated in the discussions of this proposal, but national commitment depends on the level of expenditures that would be required from a developed country, in spite of the goodwill that this might generate among the underdeveloped nations. Because human health was the chief concern of this program, it did not appear

appropriate for environmental agencies to be involved. It is expected that the man-year resources required will be judged excessive by management because of this.

The problem of data acquisition is of such a scale now that it is doubtful if any one country can afford to acquire, sort, and disseminate all existing information. Moreover, there are some serious scientific questions regarding the types of data to collect and their relative merits. The problem is complicated by the fact that any data acquisition and dissemination system proposed for Canada should be compatible with the main international data handling systems.

Many public and private computerized information retrieval and data bases exist that deal with potential pollutants or toxicants. Unfortunately, most are concerned mainly with questions of human health. Consequently, the existing data bases are of little immediate use to the environmentalist and literature retrievals for environment tests must be accomplished by existing, general search systems. Even these systems may not enable one to search back more than a few years.

We seem to have proceeded beyond an information explosion to an information crisis and this is leading to duplicated research efforts. In view of the paucity of research resources in Canada and elsewhere, this seems to be weak management.

While access to the literature is a key issue to scientists, other data are also needed to set priorities to allocate research resources and to design experiments. This sort of data is not the consequence of prior research but of production and use, for example: molecular formula and systematic name, trade names, chemical characteristics; major formulations and their components; production methods including efficiency, chemicals used in the process, and, if at all possible, chemicals produced as by-products which are discharged in effluents; degree of purity of the product, contaminants, if any; uses proposed, scale of production and use, geographical areas of use, test sites used; major routes to the environment, disposal routes and methods; if a biocide, target species; mode of action, if known; chemical assays for the active agent and contaminants that are useful in the receiving environments and biota; bioassay data known to the manufacturer; persistence and transformation data known to the manufacturer; transformation products, chemical assays for such products if they too are suspect; data as above on carrier compounds or solvents.

Many of these data are considered proprietary by the companies concerned and if given to government, are unavailable to the environmental expert, even if employed by government. Access is an important issue.

Scientists have restricted access to production rate data because of restrictions such as those which govern Statistics Canada (FICP 1975). The proposed Environmental Contaminants Act may help as it does have an information clause (as does the Swedish Act). Even in the U.S. basic data seems less than readily available if one accepts as evidence the lack of production figures in NAS (1973, table IV-7). This lack of basic information was scathingly described during the recent Public Hearings into the Use of Pesticides and Herbicides in Alberta (Alberta Environment Conservation Authority 1974). The hearing found that government agencies that have data cannot share them with environmental agencies. Hearings in British Columbia have also expressed concern as has the U.S. National Academy of Sciences (NAS 1975) and other agencies (SCEP 1970).

The list of necessary data is basic and contains little reference to the environmental impact of chemicals, but many companies invest large sums of money in such studies. These studies and their data are often withheld from agencies such as DOE. These studies are done in good faith and with concern for the environment, but companies are afraid that the data will become available to enforcement agencies and be used against them in some indiscriminate manner. As someone said, they do not want to see a scientist open his lab coat to reveal a badge. While one can have some sympathy for their position, the conflict must be resolved. At present, DOE and provincial agencies expend large sums of money repeating studies already done by competent professional consultants to industry. This makes little sense as costs of both studies are eventually borne by the public.

It is suggested, in view of the current crisis in the management of scientific information regarding pollution and its consequences, that the Department of Environment explore the possibility of creating a data bank and information retrieval system, compatible with existing and proposed international systems. However, initially the department should explore the possibility of giving scientists increased access to existing systems. Care should be exercised not to expend resources on a "Canadian" system per se, and it may be that any system might be judged less than useful at present.

It is also suggested that Canadian scientists need access to data now considered as proprietary by industry, and that some real effort be made to overcome resistance to release of such information. This could be on a "need to know" confidential basis. Some real effort must be made to enhance information exchange on a confidential basis if necessary. Enforcement agencies may have to be excluded initially from such exchanges.

Early Warning Systems

Fail-safe early warning systems are a treasured myth of the public and the public servant who must face the wrath of the public when a problem explodes. There seems to be no instance in the world of a functioning system and one suspects we must consider not a single system but a composite of inputs to government. What may be needed is a central focus that, not being preoccupied with fire fighting or advising the minister and his senior officials, is free to contemplate the various inputs, flag issues, and especially marshal the minimal preliminary resources needed to define (not solve) the problem or nonproblem. (One scientist suggested that all that is really needed is to establish a senior scientist in Japan on the theory that such an individual would be personally involved in at least one-half the issues Canada will have to face.)

This issue was also addressed by J. E. Brydon of EPS before the Standing Committee on Fisheries and Forestry of parliament during its consideration of the Environmental Contaminants Act.

He stressed that some inputs to such a system are techniques, some are generalized approaches to problem solving, and others are categories of information. Various degrees of refinement currently exist among these elements. The following is much paraphrased from that of Brydon:

1. Intuitive judgement: based on research, speculative analyses, monitoring, and knowledge of chemical behavior in the environment.

2. Epidemiology: health effects observed in workers as well as plants and animals of economic use.

3. Episodes: catastrophic events such as PCB poisoning, or long-term events such as mercury pollution.

4. Screening systems: the simplistic information which should be available from industry.

5. Testing by industry: the mandatory, probably unsophisticated, assays which may be required by government.

6. Materials balances in industries: data on raw materials, efficiency of process, wastes produced, purity of product, unaccountable losses of material, etc.

7. Notification or mandatory reporting by industry of intent to manufacture, import, or use new chemicals.

8. International reporting: specific chemical problems in other countries; bulk oceanic transport of toxicants.

9. Specifically constructed lists of hazardous substances: key issues raised by the coordinated efforts of the science community.

10. Backward and forward tracking: colloquialisms that refer to the analysis of past events to relate cause to effect and to the attainment of a predictive capability.

11. Structure–activity relationships: a less than perfect method for predicting biological activity but one that is beginning to be useful.

12. Technological and econometric forecasting: prediction of changes in industry.

13. Modeling: use of mathematical models, ideally used to predict effects but usually used in backward tracking or physical models such as the Experimental Lakes program.

14. Biogeographical prospecting: the natural occurrence of metals in the biota or their environments, mainly used in North America to define problems not due to man. In Russia it is used to locate valuable mineral deposits.

15. Protocols: another word for Early Warning Systems? Usually confined to the assessment of chemicals prior to use. It implies the use of a wide spectrum of bioassays with some of the items 1–14.

Items 1 and 15 seem to be the inputs which can and do affect the decisions by governments at the present time. Intuitive judgment is really an integration of items on the list that are available to the individuals. Thus, individual scientists constitute early warning systems and the issue may be to ensure that they have better access to data suggested above.

Even when early warning data are available to governments it is frustrating that usually the media provokes action and triggers key decisions. Why then would one expect a comprehensive, formal early warning system to be useful? A broad ranging system to manage chemicals of ecological consequence may be essayed, but such a system should never be expected to anticipate all issues or exercise the intuitive leaps that constitute the chief utility of research people.

Consequently, formal early warning systems are probably fond but unattainable dreams at

present. It is strongly suggested that information is the key issue and, for the moment, we concentrate on perfecting the information needs suggested under points 1–15 and rely on informed individuals for the early warnings.

Some Specific Issues

Many groups have met to consider priorities for toxicants, issues, and chemicals. This study does not suggest an inclusive list of problem chemicals but raises some issues that occur repeatedly in literature and that should be of concern to Canadians.

In the matter of specific chemicals, comprehensive lists occur in NAS (1973) and certain key issues have been raised elsewhere (e.g. SCEP 1970). The recurrent topics have become familiar to most Canadians: mercury and other heavy metals, oil, PCBs and other chlorinated hydrocarbons, nutrient loadings to the oceans or fresh waters, nuclear wastes, and sulphur transport (chiefly the acid rain issue). To pursue specifics related to these broad topics would be repetitive here; however, they might be usefully considered by a priority setting group.

There are many other issues worthy of some Canadian research. Work may already be underway in certain areas and the suggested topics are not meant to include or judge such work.

Increasing amounts of metal contaminants introduced to the world's oceans are of concern to the marine science community. A great deal of this contamination is due to direct use of metals such as mercury, where half the world's total production is added to the ocean environment each year. Much is harder to quantify and track as it is caused by mining operations and related activities or the use of fossil fuels (e.g. Marine. Poll. Bull., 1975. 6(6): 81–96).

The impact of toxicants on aquatic predators is a concern not in the matter of reduction in numbers or in complete loss of species per se, but because of the probability that this will upset the productivity or balance of the system to which they belong (Steele in Dyrssen and Jagner 1972; SCEP 1970).

The increased use of concentrated synthetic fertilizers and pesticides has increased agricultural productivity. Although agricultural productivity has increased 50%, use of chemical fertilizers has increased by 300% in certain intensive agriculture areas. It seems we are reaching the point of diminishing returns and these practices need review.

Energy resources are pursued without firm recognition of the exploitation cost. As Rowland (1975) recently pointed out, "What we tend to forget is that energy in the ground is of no use to us until it has been discovered, extracted, processed and delivered, and that all of these procedures consume energy. In the past, our reserves were highly concentrated and easy to get at, but nowadays they are getting more and more inaccessible and we have to divert more and more energy into this energy-getting process. Eventually, a point must be reached where the energy consumed is greater than the energy produced."

Development of the Alberta oil sands may be a case in point. It is proposed to develop the upper Athabasca River for its hydroelectric potential and much of the developed power will be diverted to the oil sands area to satisfy the energy requirements of the new urban areas and the oil extraction plants. Moreover, it appears from preliminary estimates that a good deal of the recovered hydrocarbon will be consumed in the production of synthetic crude oil for the open market. Considering the capital investment required in oil sands, and the losses in converting hydroelectric to electric to petroleum energy, one could speculate that a study should be done on the feasibility of buying each Canadian an electric car. While this proposal may seem facetious, it is made to highlight the fact that basic energy decisions or energetic decisions are seldom considered by governments in situations such as this. When the production of contaminants and their use is added to the picture, one wonders if such major developments are a benefit to Canada.

Although the questions themselves may be spurious in light of political considerations, it would be refreshing to technically and scientifically trained persons if such simple, broad scale matters were considered, researched, and discussed prior to any developments.

The massive area north of 60°N is under development and most observers predict that development will intensify. Much of this development will have chemical and physical impact on arctic waters and on their fisheries resources.

Arctic concerns were also highlighted by Mann (1975) in a study commissioned by FRB. He noted "there is a surprising lack of any program of chemical oceanography in the arctic. Not only is there no program but no one is thinking about one... ." This lack is surprising in view of the Canadian pretense to arctic sovereignty. I would complete Mann's statement "... in Canada, while it is obvious that other countries are quite active through their remote sensing, their navies, and their planning." Dr Mann also noted the tendency to extrapolate data acquired in temperate regions to the

arctic. Such extrapolations may be correct, but this is not known as Canada has little or no arctic research experience in these matters. Our experience with pollutants in arctic marine and fresh waters is minimal, and recently, authorities in Greenland were asked for advice. Thus, Mann's recommendations regarding increased activity in the high arctic marine areas are strongly supported. These activities should be extended to include fresh waters.

It is proposed that Canada convene a series of workshops involving world experts to define problems and nonproblems pertinent to arctic and subarctic development.

Should such meetings be convened, reasoned recommendations should ensue and be published. Too frequently the results of such efforts are buried as dusty government documents, unknown to the public and ignored by the bureaucrats.

A basis for such a meeting might be found in recent efforts by the Freshwater Institute.

In early 1974 the Director of the Institute asked its senior scientist, Dr J. R. Vallentyne, to convene a group to consider strategic guidelines for future northern research to be undertaken by the Institute. The resultant document highlighted several problems which were forcing the Institute into new areas. Specific to this review was the emphasis placed by the group on hydrocarbon exploration and development. The group highlighted five major problem areas which should be of concern to the Institute and it is perhaps worthwhile noting that two dealt with the question of contaminants: 1) petroleum and petroleum products, the effects of oil spills, oil products, and cleanup techniques on northern aquatic ecosystems, and 2) industrial wastes, studies on the response of northern aquatic ecosystems to the addition of mine waste effluents. In their listing of nine separate groups of research topics, I would highlight the listing of: a) petroleum and petroleum products with four major research areas; b) sewage disposal with three major research areas; c) industrial wastes with two major research areas; and d) pesticides and fire retardants with three major research areas, all peculiar to the north. The group highlighted the possibility of thermonuclear wastes in conjunction with any future reactor development north of 60°N.

Public Education

At recent public hearings a citizen made a presentation entitled, "Dilution is not the solution to pollution." In part, the presentation stated that "nothing short of total pollution emission control is acceptable, and that doesn't mean you can throw a little cup of poison in the water, like one pound per year of arsenic in the water. That means none. That's the way it was meant to be and that's the way it should be, ..." (Tapwe J. A. L. Chretian, Giant Yellowknife Mines Hearing, April 22, 1975).

That quote undoubtedly came from the heart, and represents the view of a concerned but relatively uninformed citizen. This is the response of a person who does not understand that total pollution emission control is impossible given the present state of technology. He can only appreciate a portion of the problem.

Any reader of the many publications available on the topic becomes more and more aware of the real lack of any practical ability on our part, either locally, provincially, nationally, or even internationally to reach a truly reasoned decision regarding the use or avoidance of use of a toxicant.

We seem enamored with short-term solutions and avoid the long-term issues. The long-term issues are societal and require political as well as scientific and sociological decisions. The decisions affect the public whose total well-being is very much an issue, whether they know it or not. Consequently, education becomes a key issue.

"Today science affects almost every aspect of our lives, and we can expect this dominance to be even greater in the future. It's thus in the interest of everybody, scientists or not, to gain a better understanding of science and its applications, if only to learn how better to utilize its benefits and to avoid its pitfalls. Such an understanding might be called 'Science literacy'." (Shen 1975.)

A major activity of science to enhance the welfare of man has been to design, synthesize, and apply chemistry (Khan 1973), so it is reasonable to suggest that "science literacy" should have developed quickly in this particular area. However, one questions whether an understanding or "literacy" has developed at all.

It was recently estimated that of the 2 million chemicals synthesized, only about 6000 have ever been tested for carcinogenicity, and only one-half of those were adequately tested (Gillette 1974). Consequently, man seems to be as remarkably careless of his own welfare as of that of the environment on which he is so utterly dependent.

It is widely recognized that use of pesticides is a major factor in the fight to control diseases such as malaria. Increased food production can also be related to pesticide application (Decker 1973). It has been estimated that of the 1.2 billion pounds of pesticides produced in the U.S.,

less than 1% ever hits the target species and, when applied by aircraft, only 25–30% even hits the target area (Pimental and Goodman 1973). Thus, even our technological literacy is in doubt.

The public is aware of the wide-scale use of chemicals novel to the environment, but only recently has concern been expressed regarding the unintended introduction of these materials into the environment. The nearest body of water is still considered a sort of infinite sewer for wastes. Unfortunately, we are now disposing on such a scale and at such a rate that even such "infinite sinks" as the Baltic and Mediterranean seas are in peril and concern is being expressed about the stability of the world ocean itself (SCEP 1970).

However, some sense of "science literacy" may be emerging; there is public concern regarding the "pitfalls" (Shen 1975) of these policies. The increase in the number of learned journalists concerned with pollution is startling as is the increase in articles appearing in the public media. Governments around the world have reacted through the provision of legislation and increased resources.

Canada has followed this pattern and is now investing or planning to invest resources in the solution of these problems. Public investment in research into problems peculiar to the aquatic environment is considerable and apparently growing; it appears appropriate that a course of action be recommended.

The key issue is that the public does not understand or appreciate how and why decisions are reached. To quote Shen (1975):

> "With some over-simplification, the decision-making process in a typical science-related public issue might look something like this. In the first stage, the possible risks or benefits of the proposed action are evaluated, a highly technical process begins with the collection of scientific evidence and ends with the derivation, on the basis of the evidence, of a table of risks and benefits. Then, in the second stage, a policy decision of whether or not to take the action is made on the basis of the risk–benefit table. Such a policy decision requires no technical training.
>
> "One difficulty with science-related issues today is that the layman is often not able to separate the first stage from the second. The situation is not improved when scientists who make pronouncements on public issues do not always bother to point out where science ends and personal opinions begin; and the layman is even more confused when, instead of a single risk–benefit table he finds himself confronted with several contradictory ones, all contending for attention. Whom then is he to believe?"

This situation should be changed without invoking what Shen called science propaganda. It is essential for safety and continuity of the environment to mount a campaign to increase the science literacy of the Canadian public. This campaign must not rely on scientists for they are notoriously unable to communicate with non-scientists. Moreover, I would suggest that it is equally as important to increase the "public literacy" of the Canadian scientist! Indeed, a recent editorial (David 1975) records a call for one-armed scientists because, in the course of recent hearings in the U.S., scientific witnesses insisted on saying, "on one hand, the evidence is so, but on the other hand ..." It is apparent that the typical public service press officer would also be unsatisfactory and probably little more than a source of propaganda.

It is recommended that the scientific education of the public be encouraged by supporting television, radio, films, and authors where emphasis is placed on skill in communication, and not on sensationalism. The decisions regarding toxic chemicals and disposal of effluents are essentially political; to be good, decisions in the long term require a public as well informed as possible. Scientific education of the public is a minor investment of national resources but one that is truly pregnant with return.

Summary

Canada has possibly been successful in avoiding ecological disasters equivalent to those of Japan through luck, dilution, and the intuition of Canadian research and control professionals. Policy makers must realize that the odds of continuing this success are poor. A poker player would predict the chances of continued success as minimal.

Few clear answers to problems posed in this study are readily apparent; however, steps that might be taken by those in authority are suggested. The suggestions can be debated or, at worst, uncritically accepted. This study did not presume to consider human health problems.

Step 1. To review incidents where contaminants have affected commercial or sport fisheries — Placentia Bay, the acid lakes near Sudbury, mercury and PCB's in the Great Lakes basins. The review must define the cost of these incidents to the community, indicate the costs of appropriate control and research programs, and evaluate their utility in mitigating the impact of toxicants. Comparing the economic data of these incidents might suggest cessation of all control and research efforts, but it should not, especially if economics were considered with sociological impacts. This leads to:

Step 2. To establish the sense of commitment to resolve such problems; to develop a sense of budget and policy. Policy is specifically needed but it cannot be elaborated intelligently unless the resultant costs are known to the policy makers. Specific policy issues needing debate or resolution are the depth of public concern (the level of control vs. the attendant cost), the role of government agencies, and the philosophy of the "polluter pays" principle. Given an idea of the consequences and costs of ignoring the problem and some guidance for policy, leads to:

Step 3. To set priorities. What are Canadian interests in these matters? What are the research and control priorities, as Canada cannot afford to assess every problem equally well? New mechanisms for this process will have to be developed. Access to industrial data is essential to the success of any such mechanism. These priorities lead to:

Step 4. To implement research and control programs with close cooperation between departments of federal and provincial governments.

Conclusion: Research and development may prove to be key activities in this area. These activities can be postponed only if increased risk to the populace and to the environment can be accepted.

The risks are posed by an ever increasing use and distribution of toxicants. Can Canada ignore both the good and the bad examples provided by heavily industrialized countries such as England, Germany, and Japan? This is not a plea for unrestricted support of research, but a request that current attitudes be reviewed in light of current problems. Recent public statements by portions of the science community regarding government attitudes and support for science are probably less than useful to elected representatives. What is required is a joint, tightly reasoned approach to cabinet and parliament by all concerned parties.

Acknowledgments

I wish to acknowledge the assistance of Drs A. L. Hamilton, R. R. Wallace, J. F. Klaverkamp, K. Patalas, W. L. Lockhart, and W. G. Franzin who were kind enough to read and comment on drafts of the manuscript. I also wish to acknowledge the contribution of Ms G. Decterow to the format and accuracy of the final typescript.

Mr E. B. Stolee kindly provided major editorial assistance for which I am very grateful.

References

ALBERTA ENVIRONMENT CONSERVATION AUTHORITY. 1974. Public hearing into the use of pesticides and herbicides in Alberta. Biocide use in Alberta. Pt I: 64 p.

ANON. 1973. A background to water reorganization in England and Wales. Annex C. Her Majesty's Stationery Office.

1974. The all Canadian clean-up, the work of the Environmental Protection Service. Environ. Prot. Serv. EN 41-11/1974: 14 p.

1975. FDA rapped for delay on new drugs. Science 189: 864.

CANADA WATER YEARBOOK. 1975. Ottawa, Canada. 232 p.

DAVID, E., JR. 1975. One armed scientists? Science 189 (4204): 679.

DECKER, GEORGE C. 1973. Costs and benefits of pesticides: an overview, p. 447–471. *In* M. A. Q. Khan and J. P. Beclerka [ed.] Survival in toxic environments. Academic Press, New York, N.Y.

DE FREITAS, A. S. W., D. A. KUSHNER, AND S. U. QADRI [ed.] 1974. Proceedings of the international conference on transport of persistent chemicals in aquatic ecosystems. Natl. Res. Counc. Can. 334 p.

DJERASSI, C., C. SHIH-COLEMAN, AND J. DIEKMAN. 1974. Insect control of the future: operational and policy aspects. Science 186: 596–607.

DRYSSEN, D., AND D. JAGNER. 1972. The changing chemistry of the oceans; proceedings of twentieth Nobel Symposium. Wiley-Interscience, New York, N.Y. 365 p.

FAHNESTOCK, G. 1969. Environment: emotion takes over. Science 166: 43.

FAO. 1974. Directory of institutions engaged in pollution investigations (contaminants in aquatic organism). FAO Fish. Circ. 325: 39.

FEDERAL INTERDEPARTMENTAL COMMITTEE ON PESTICIDES. 1975. Minutes of the March 25, 1975, meeting of the Federal Interdepartmental Committee on Pesticides. Can. Dep. Agric. 6 p.

FISCHER, D. W. 1974. Environmental impact assessment as an instrument of public policy for controlling economic growth. Int. J. Environ. Stud. 6: 233–242.

FISHERIES RESEARCH BOARD OF CANADA. 1966. Aquatic pollution studies. 1902–1966. Fish. Res. Board Can. Misc. Spec. Publ. 9: 591 p.

GILLETTE, R. 1974. Cancer and the environment (II): groping for new remedies. Science 186: 242–245.

HOOD, D. W. [ed.] 1971. Impingement of man on the oceans. Wiley-Interscience, Toronto, Ont. 738 p.

KHAN, M. A. W. 1973. Introduction, p. xix–xxi. *In* M. A. W. Khan and J. P. Bederka Jr. [ed.] Survival in toxic environments. Academic Press, New York, N.Y.

LOOMIS, T. A. 1974. Essentials of toxicology. 2nd ed. Lea & Febiger, Philadelphia, Penn. 223 p.

LUNDKVIST, S. 1974. The act on products hazardous to health and to the environment; the new legislation with a commentary. R. Min. Agric., Stockholm, Sweden.

MACKAY, D., AND W. HARRISON [ed.]. 1973. Oil and the Canadian environment. Proc. Conf., Inst. Environ. Sci. Eng., University of Toronto, Toronto, Ont.

MANN, C. R. 1975. Chemical oceanography in Canada. J. Fish. Res. Board Can. 33: 1451–1469.

MCKINNON, J. M., G. M. CHRISTENSEN, J. H. TUCKER, D. A. BENOIT, AND M. J. LEWIS. 1974. Effects of pollution of freshwater fish. J. Water Pollut. Control Fed., 46(6): 1540–1591.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1973. Water quality criteria. 1972. A report of the committee on water quality criteria. U.S. Natl. Acad. Sci., Natl. Acad. Eng. 594 p.

1975. Principles for evaluating chemicals in the environment. U.S. Natl. Acad. Sci.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL OF CANADA. 1975. Directory of federally supported research in universities. Can. Inst. Sci. Tech. Inf., Natl. Res. Counc. Can. 2 vol., 14570: 731, 800 p.

NATIONAL SWEDISH ENVIRONMENTAL PROTECTION BOARD. 1973. PCB Conference II, Stockholm, 1972. Natl. Swed. Environ. Prot. Board.

NELSON, R. I. 1973. An industry point of view in: pollution and the fisheries. Environ. Prot. Ser. Rep. 3-WP-73-4.: 35 p.

PIMENTAL, D., AND N. GOODMAN. 1973. Environmenta! impact of pesticides in survival in toxic environments, p. 25–52. *In* M. A. W. Khan and J. P. Bederka, Jr., [ed.] Survival in toxic environments. Academic Press, New York, N.Y.

ROWLAND, W. 1975. The answer, Mr. Turner, is blowin' in the wind. Maclean's, Aug.: 6.

SCOTT, F. I., JR. 1974. The editor's page. Am. Lab. Oct.: 6.

SEBA, D. B. 1975. Toxicity index for permits, p. 199–259. *In* G. D. Veith and D. E. Kanasewich, [ed.] Structure-activity correlations in studies of toxicity and bioconcentration with aquatic organisms. Int. Joint Comm.

SHEN, B. S. P. 1975. Science literacy. Bull. At. Sci. 265–268.

STUDY OF CRITICAL ENVIRONMENTAL PROBLEMS. 1970. Man's impact on the global environment. Report of the study of critical environmental problems (SCEP) MIT Press Cambridge, Mass. 319 p.

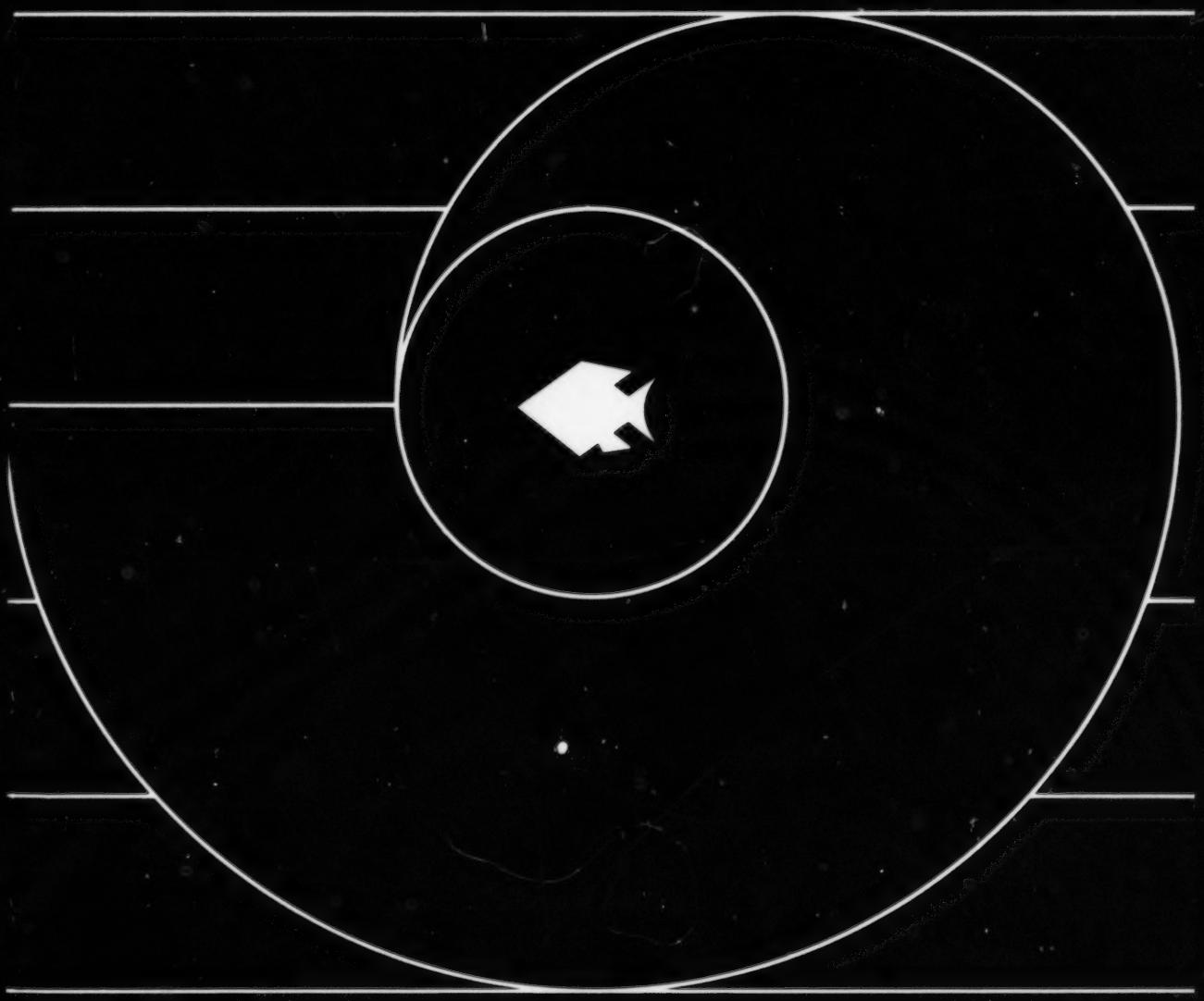
SUMMERS, P. N., AND D. M. WHELPDALE. 1975. Acid precipitation in Canada. Abstracts First Int'l Symp. Acid precipitation and the forest ecosystem. Columbus, Ohio.

SUTTON, R. M. D., C. QUADLING, AND R. LAPRADE. 1972. Inventory of pollution-relevant research in Canada. Natl. Res. Counc. Interim Rep. 12678, Vol. I, II: 310 p.

VEITH, G. D., AND D. E. KONASEWICH, [ed.] 1975. Structure-activity correlations in studies of toxicity and bioconcentration with aquatic organisms. Int. Joint Comm.

WALDICHUK, M. 1973. International approach to the marine pollution problem. Ocean Manage. 1: 211–261.

WHELAN, E. 1975. Chemical sprays praised. Winnipeg Free Press, Aug., 1975.



La série de Rapports de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada comprend des comptes rendus d'études et de symposiums et des rapports spéciaux.

Rapport n° 1 — (The Way Ahead) Colloque marquant le 75e anniversaire de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada.

Rapport n° 2 — L'Office des recherches sur les pêcheries du Canada — soixante-quinze années de réalisation. Par W. E. Ricker.

Rapport n° 3 — Science pour les pêches canadiennes dans les mers du plateau continental. Par H. A. Regier et F. D. McCracken.

Rapport n° 4 — Océanographie biologique au Canada: Perspective et revue. Par T. R. Parsons.

Rapport n° 5 — Natura Naturans: Un colloque sur le paradigm de Fry.

Rapport n° 6 — Développement d'une aquiculture structurée, avec perspective canadienne. Par G. I. Pritchard.

Rapport n° 7 — Science pour les pêches dispersées de l'intérieur canadien. Par H. A. Regier.

Rapport n° 8 — Océanographie physique au Canada. Par C. R. Mann.

Rapport n° 9 — Océanographie chimique au Canada. Par C. R. Mann.

Rapport n° 10 — Science pour la réhabilitation des pêches canadiennes. Par K. H. Loftus.

Rapport n° 11 — Science pour les pêches canadiennes des mers côtières de l'Atlantique. Par F. D. McCracken et R. D. S. Macdonald.

Rapport n° 12 — Qualité de l'environnement aquatique: Problèmes et suggestions. Par H. H. Harvey.

Publié par

Pêches et Environnement Canada

Service des pêches et des sciences de la mer

Direction de l'information et des publications scientifiques

Published by

Fisheries and Environment Canada

Fisheries and Marine Service

Scientific Information and Publications Branch

Ottawa K1A 0H3

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1976

En vente par la poste

Imprimerie et Edition
Approvisionnements et Services Canada
Ottawa, Canada K1A 0S9

ou chez votre libraire

No de catalogue Fs 97-10 13 — Prix: Canada $3.00
ISBN 0-660-00879-3 — Autres pays $3.60

Prix sujet à changement sans avis préalable

No. du contrat: OKT 6-3405
Imprimé par:
Imprimerie Nationale
Joliette, Qué.

RAPPORT DE L'ORP

Qualité de l'environnement aquatique : Toxicologie [1, 2]

R. D. HAMILTON

Ministère de l'Environnement, Service des pêches et des sciences de la mer, Institut des eaux douces, Winnipeg, Man. R3T 2N6

Table des matières

2 RÈSUMÈ / ABSTRACT
2 INTRODUCTION
3 PORTÉE ET ÉCHELLE DU PROBLÈME
5 RESPONSABILITÉ ET COORDINATION
6 NIVEAU DE L'EFFORT CANADIEN
9 LE PROMOTEUR PAYE?
11 ÉTABLISSEMENT DES PRIORITÈS
12 INFORMATION
14 SYSTÈMES DE PRÉALERTE
15 QUELQUES PROBLÈMES SPÉCIFIQUES
16 ÉDUCATION DU PUBLIC
18 RÉSUMÉ
19 REMERCIEMENTS
19 RÉFÉRENCES

[1]Version française de « Perspectives » publié dans le *Journal de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada*, 1976, 33(11): 2671–2688.

[2]Ce rapport a été préparé à la demande de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada. Les opinions qu'il contient sont celles de l'auteur et non nécessairement celles de l'Office.

Résumé

HAMILTON, R. D. 1976. Qualité de l'environnement aquatique : toxicologie. FRB Report No. 13: 1–20.

L'auteur passe en revue les travaux de recherche et de contrôle concernant la répercussion des substances chimiques toxiques sur les milieux aquatiques. Il ne traite pas de l'évaluation de programmes de recherche spécifiques ou des résultats, mais soulève plutôt et analyse les questions communes aux problèmes que pose l'emploi de substances chimiques toxiques.

Abstract

HAMILTON, R. D. 1976. Aquatic environmental quality: toxicology. FRB Report No. 13: 1–20.

Canadian research and control activities regarding the impact of toxic chemicals on aquatic environments are reviewed. Evaluation of specific research programs or results is not treated but an attempt is made to raise and discuss issues common to the problems posed by the use of toxic chemicals.

Reçu 15 avril 1976
Accepté le 13 juillet 1976

Introduction

Presque dès le début de sa formation, l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada s'est intéressé à la pollution. En fait, à l'occasion du 50e anniversaire du Conseil national de recherches, l'Office publiait un volume spécial d'articles choisis remontant jusqu'à 1902 et portant sur la pollution (Fisheries Research Board of Canada 1966).

Cet intérêt eut sur les écrits publiés dans le monde sur le sujet une répercussion disproportionnée à l'effort scientifique général du Canada. L'effort canadien est souvent mentionné dans les revues (e.g. Pimental et Goodman 1973; National Academy of Sciences (NAS) 1973) comme étant définitif. Ces citations se limitent ordinairement à des domaines qui, avec le temps, sont devenus des questions clefs. Par exemple, toutes les études sur le comportement des animaux aquatiques citées dans les revues mentionnées plus haut sont d'auteurs canadiens, et presque toutes ont été publiées dans le *Journal de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada.* Cette constatation, couplée à celle d'autres articles par des auteurs canadiens qui ne sont pas cités, nous porte à conclure que le Canada a fait oeuvre de pionnier dans plusieurs domaines se rapportant à la pollution. Le travail de J. R. Brett, mentionné si souvent, a été inclus comme le travail définitif sur les effets de la chaleur, quand les É.-U. ont récemment établi une série de critères. Le travail de D. F. Alderdice, tout comme celui de M. Waldichuk, a servi à établir des normes mondiales. Les revues de J. B. Sprague, sans être une recherche originale, sont reconnues dans le monde entier comme étant des revues clefs dans ce domaine particulier.

Ces commentaires ne devraient cependant pas gonfler notre ego national, car les travaux de la Suède et de ses organismes environnementaux ont sur ces questions un impact qui égale et souvent même dépasse le nôtre. Ils ne servent qu'à illustrer le fait que l'intérêt et l'effort canadiens de longue date consacrés aux problèmes de pollution ont eu une grande influence sur la communauté scientifique.

Il est donc approprié qu'à ce stade, l'Office commande une étude dont le mandat est le suivant : passer en revue et évaluer la recherche canadienne sur les substances chimiques toxiques et sur les complexes de telles substances dans l'environnement aquatique. On devra s'attacher particulièrement à la division et à la coordination des responsabilités et des activités entre les organismes internationaux, de même qu'entre les organismes domestiques, tels que les universités et les groupes provinciaux et fédéraux. On devra analyser les mécanismes d'évaluation de nouveaux produits chimiques susceptibles de devenir des polluants et juger de la suffisance des systèmes de « préalerte » pouvant prévenir des crises comme celle du mercure.

L'objectif proposé pour cette étude est tellement étendu qu'il nous est impossible de couvrir et d'évaluer tous les sujets suggérés. La division et la coordination de la responsabilité dépassent en grande partie la portée de cette étude à cause du temps à notre disposition et aussi parce qu'il ne semble pas y avoir de division cohérente de la responsabilité, tant provinciale que nationale et internationale. Les mécanismes dont nous disposons pour faire face aux défis que pose l'emploi de substances chimiques toxiques sont, pour le moins, cahotiques.

C'est pourquoi, l'étude se concentre sur certains aspects de ce que j'appelle la « toxicologie de l'environnement aquatique », au détriment des autres domaines tels que la chimie analytique, la surveillance et le transport. Nous mettons l'accent sur l'emploi d'organismes comme indicateurs ou prédiseurs de substances chimiques dans l'environnement aquatique. Paraphrasant Loomis (1974), la toxicologie de l'environnement est donc cette branche de la toxicologie qui traite de l'exposition fortuite des tissus biologiques à des substances chimiques qui sont fondamentalement des polluants de l'environnement, de la nourriture ou de l'eau. Elle est l'étude des causes, des conditions, des effets et des limites de sûreté d'une exposition aux substances chimiques.

Même en adoptant cet étroit point de vue du problème total, l'auteur a dû mettre de côté certaines considérations de recherche en faveur de problèmes beaucoup plus étendus. Ce rapport n'essaye donc pas de traiter, de discuter ou d'évaluer des projets spécifiques ou leurs résultats. Il veut plutôt soulever des questions qui importent à quiconque s'attaque aux problèmes que posent les substances chimiques toxiques dans les environnements aquatiques, quelle que soit l'activité ou la discipline individuelle.

Portée et échelle du problème

On pourra nous accuser d'avoir voulu, dans la préparation de cette section, semer la panique, comme c'est le cas pour certains articles populaires peu rationnels. Ce n'est pas là notre intention. Nous citons quelques faits dans le but de donner une perspectives aux problèmes.

On peut se rappeler les photographies prises lors des vols Appollo du « vaisseau spatial Terre ». Ces photographies d'une planète bleue et blanche sur le fond noir de l'espace démontrent clairement un système entièrement clos, sauf pour ce qui est de l'échange d'énergie. Les activités de l'homme dans ce système ont atteint une telle échelle et une telle intensité qu'elles peuvent maintenant affecter les continents et le globe lui-même. En outre, il n'est pas nécessaire de faire appel à la communauté mondiale entière; une seule nation industrialisée est capable de créer des problèmes globaux. On estime que le Canada contribue plus de 5% de la charge atmosphérique mondiale en SO_2, et la plus grande partie semble provenir d'une seule industrie – la fonte des métaux de base (Summers et Whelpdale 1975).

En termes simples, il existe deux groupes de problèmes majeurs : (1) utilisation, rejet et dispersion de substances chimiques spécifiques et (2) effluents industriels et domestiques (aériens et aqueux) de composition chimique mixte, variable et changeante.

Dans le cas de substances chimiques spécifiques, il est possible de citer des chiffres assez précis. Environ 1.8 million de composés chimiques ont été synthétisés par l'homme, 9 000 étant produits en quantités dépassant 2 000 annuellement et plus de 10 000 étant l'objet de ce que l'on appelle « production commerciale » (plus de 100 livres annuellement) (Gillette 1974; Scott 1974). Si l'on s'arrête à penser que les propriétés importantes, telles que celles d'agents cancérigènes, ont été vérifiées pour relativement peu de ces 2 millions de produits, on peut raisonnablement supposer que leurs effets sur l'environnement n'ont été explorés que dans très peu de cas et, encore, seulement dans les cas les plus évidents. De plus, les évaluations détaillées d'impact sur l'environnement ont été erratiques. Pourquoi, par exemple, le nitrile triacétique (NTA) a-t-il été testé à mort, alors que le chlorure de vinyl (CV) ne l'a pas été, surtout quand on considère que la production de CV est de plusieurs fois supérieure à celle projetée pour le NTA? Pourquoi le TMF a-t-il été accepté comme lampricide et dispersé à grande échelle dans le bassin des Grands lacs, et éprouvé sur les mammifères seulement plusieurs années après qu'on ait commencé à l'utiliser?

Supposons que l'on fasse une évaluation détaillée de toutes les substances chimiques susceptibles d'affecter l'environnement aquatique. Supposons de plus que l'on ignore toute la production et l'usage courant de produits chimiques synthétiques. C'est-à-dire, oublions les 10 000 substances chimiques existantes produites aux É.-U. seuls (+ 1 000 produits en 60 000 formules différentes) (Kearny, dans Khan 1973); les 137 milliards de livres de substances organiques synthétiques (120 milliards de livres de chlorure de vinyl seul) produites en Amérique du Nord en 1970, une production qui augmente de 10% chaque année (Stoker et Seager, dans Khan 1973); la volatilisation dans l'atmosphère d'essence et de liquides utilisés dans le nettoyage à sec, ainsi que l'usage à la grandeur de la province de pesticides forestiers au Nouveau-Brunswick et la production de $8–10 \times 10^8$ livres (1968) d'esters de phthalates (NAS 1973), composés que l'on sait persistants et toxiques pour les organismes aquatiques.

Si la société acceptait de considérer ces produits comme histoire ancienne et de peu d'intérêt courant (rappelons-nous le mercure), il n'en reste pas moins que l'on synthétise des nouveaux produits chimiques au rythme de 25 000 par année ou d'environ 500 par semaine. Parmi ceux-ci, il en est huit qui, chaque semaine, sont considérés pour la production (Scott 1974). Entre 1968 et 1974, environ 2 000 nouveaux produits chimiques furent effective-

ment produits. On peut donc supposer qu'environ 75% des composés étudiés atteignent le stade de la production. Au total, on peut s'attendre de voir environ 300 nouveaux composés chimiques atteindre une échelle de production chaque année.

Supposons de plus que seulement 10% de ces produits puissent raisonnablement être considérés comme étant, d'une façon ou d'une autre, des menaces à l'environnement aquatique. Ceci veut donc dire que les services du gouvernement canadien s'occupant de l'environnement devraient étudier d'une façon quelconque environ 30 nouveaux produits chimiques annuellement. C'est-à-dire, il leur faudrait porter un jugement sur un produit chimique à tous les 12 jours. Ceci est effroyable; une simple erreur de jugement de l'ordre de 10%, soit en faveur de soit contre un composé, pourrait entraîner une sérieuse conséquence économique et/ou un désastre écologique par année. Compte tenu des ressources présentes ou même de projections optimistes pour l'avenir, il est évidemment impossible de rendre un jugement à ce rythme. En conséquence, il faut des priorités, fondées sur un ensemble de critères scientifiques.

Il est beaucoup plus difficile de placer dans une perspective significative le problème des effluents industriels et domestiques. Si les tendances actuelles se poursuivent, la plupart des eaux douces des É.-U. pourront bientôt être essentiellement des eaux usées traitées. La toxicité de ces eaux usées est variable, selon l'industrie ou les industries qui les déversent dans le bassin hydrographique particulier sous considération.

Le problème, tant par sa complexité que par l'échelle de son effet, est décourageant. Non contents de polluer des masses d'eau localisées, nous sommes passés à des efforts à plus grande échelle. De grandes superficies maritimes ne sont pas autre chose maintenant que des installations de traitement d'égouts à l'eau salée. D'autres grandes étendues sont menacées d'un sort identique (e.g. le golfe Saint-Laurent). D'importantes régions, comme la mer Baltique, la mer du Nord, la Méditerranée et le golfe du Mexique, sont également menacées de la même façon. En fait, nous sommes bien en mesure de pouvoir affecter l'océan mondial (Study of Critical Environmental Problems (SCEP) 1970; Hood 1971).

On a de plus émis des opinions fondées concernant l'aptitude de l'atmosphère à transporter des polluants par tout le globe (e.g. DDT, SO_2, HCB) et sur notre aptitude à modifier l'enveloppe atmosphérique elle-même (e.g. fluorocarbures, bioxyde de carbone).

L'homme est maintenant un agent géologique, description que l'on doit à M. E. Goldberg. Comme conséquence de nos activités, les eaux douces, les océans et l'atmosphère reçoivent des apports de matériaux dépassant de beaucoup les processus naturels. Ces idées commencent à apparaître dans la littérature scientifique. Un exemple en est le tableau suivant cité dans SCEP (1970). Il est à noter qu'on y traite d'une seule question, les mines, et qu'on y donne les taux de mobilisation des matériaux par l'homme excédant les taux géologiques, tels qu'estimés dans la décharge des rivières dans les océans. (En milliers de tonnes métriques/an)

	Taux géologiques (rivières)	Taux produits par l'homme (mines)
Fer	25 000	319 000
Azote	8 500	9 800 (consommation)
Manganèse	440	1 600
Cuivre	375	4 460
Zinc	300	358
Plomb	180	2 330
Phosphore	180	6 500 (consommation)
Molybdène	13	57
Argent	5	7
Mercure	3	7
Étain	1.5	166
Antimoine	1.3	40

Tout urgents que soient ces problèmes pour l'homme, quels sont les effets sur les poissons? Spécifiquement, il y a le cas des peuplements des Grands lacs pour ne produire que des poissons chargés de BPC; la haute productivité du lac Érié, entraînant une production accrue de poissons de peu de valeur ou de poissons que des marchés raffinés n'acceptent pas; et l'acidification des lacs, avec la perte de pêches de sport et de subsistance qui en résulte.

Les pêches maritimes canadiennes sont une industrie productive et une importante source de protéines. On les a également qualifiées de système de bien-être social soigneusement déguisé. Quoi qu'il en soit, ces pêches doivent être maintenues, et l'on peut citer dans ce contexte SCEP (1970) :

> « Le danger qui menace présentement les pêches maritimes n'est pas tant la pollution des lieux de capture du poisson, mais plutôt la pollution des régions côtières où plusieurs espèces se reproduisent. Ces lieux d'alevinage sont dragués, remplis et pollués d'éléments nutritifs et de métaux lourds. La valeur en rendements commerciaux devient un coût qui doit entrer en ligne de compte dans l'évaluation d'une politique relative aux eaux estuariennes et côtières. »

Les polluants et leur répercussion sur les pêches posent des problèmes sérieux et complexes. Il y a peu d'indication qu'on s'attaque présentement à ces problèmes généraux d'une façon cohérente et

logique, bien qu'il se fasse un excellent travail sur des problèmes ou des groupes de problèmes spécifiques. De plus, il y a peu d'indication que les conséquences de l'introduction de nouveaux produits chimiques ou de l'adoption de politiques relatives au rejet des effluents soient considérees sérieusement dans leur ensemble dans le processus de prise de décisions. Ceci ne veut pas dire que certains cas particuliers ne sont pas résolus, mais plutôt que la politique d'ensemble et l'évaluation des problèmes semblent insuffisantes.

Il faut documenter adéquatement, à l'intention des gestionnaires, l'utilité réelle des efforts consacrés dans le passé à la solution de problèmes spécifiques. Il semblerait approprié que les services du ministère de l'Environnement (ME) entreprennent systématiquement de faire le lien entre l'emploi de substances chimiques toxiques et le rejet d'effluents d'une part, et les changements dans la productivité des écosystèmes de leur mandat d'autre part. Comme début, l'effort devrait peut-être porter sur la relation, s'il y a relation, entre la mise en vigueur du programme de réglementation des effluents et des améliorations spécifiques de la qualité des environnements aquatiques canadiens.

Responsabilité et coordination

La plus grande partie de la recherche sur les polluants aquatiques est effectuée par le gouvernement fédéral.

Au sein du gouvernement, le ministère de l'Environnement est l'organisme principal, en grande partie par l'intermédiaire du Service des pêches et des sciences de la mer, du Service canadien de la faune et de la Direction générale des eaux intérieures. On donne dans le Canada Water Yearbook (1975) un résumé des rôles de ces groupes. Cependant, le Service de la protection de l'environnement (SPE) du ME, le Conseil national de recherches (CNR) et le ministère des Affaires indiennes et du Nord (MAIN), par le truchement de contrats ou d'octrois, apportent également un appui à la recherche. Le ministère des Transports est responsable de la prévention et du nettoyage des déversements de pétrole et autres polluants en mer, mais semble poursuivre très peu de recherche, sauf en ce qui a trait au développement de la technologie. On peut dire la même chose du Conseil des ports nationaux.

Depuis la réorganisation gouvernementale des années 1970, le ministre de l'Environnement est devenu responsable d'environ 80 lois, portions de lois ou règlements découlant de lois. De ces 80 item législatifs, il y en a environ 15 qui s'appliquent, d'une façon ou d'une autre, aux polluants de l'environnement. Dix portent directement sur les polluants dans leurs effets sur les ressources aquatiques plutôt que dans leurs effets sur l'homme.

En pratique, il est très difficile au non-initié de savoir quel ministre est effectivement responsable de certaines lois. Ceci est particulièrement vrai du ministère de l'Environnement et du ministère des Affaires indiennes et du Nord quant à leurs rôles législatifs au nord du 60e parallèle. Bien qu'un problème majeur pour les gens chargés de l'application des lois, cette situation a présenté jusqu'à maintenant un ennui mineur pour les chercheurs. Cependant, cette question peut être sur le point de constituer un empêchement majeur à la recherche dans l'Arctique. Il y a un besoin de plus de recherche dans l'Arctique, et son financement doit être libre de toute lutte juridictionnelle; elle doit se concentrer sur les questions clefs et non sur celle de savoir qui est employé par qui.

Quoi qu'il en soit, plusieurs item législatifs se rapportent au programme de la réglementation des effluents du Service de la protection de l'environnement du ME (Anon. 1974). Suivant ce programme, on établit des règlements en consultation avec les autres organismes fédéraux et provinciaux, et avec l'industrie. La recherche en toxicologie aquatique entre en jeu principalement dans le développement d'essais biologiques sur les poissons pour diverses industries et dans l'établissement de limites de toxicité en vue d'une réglementation appropriée.

Ces règlements n'ont aucune relation avec la quantité ou la qualité des eaux qui reçoivent l'effluent. Ils sont fondés sur la « meilleure technologie praticable », un terme de génie qui a très peu de signification directe pour les questions de l'environnement. Bien que ces règlements visent à diminuer les effluents et à prévenir la création de « refuges de pollution », leur effet principal semble avoir été la standardisation chimique et biologique provisoire des effluents à travers tout le Canada. La réduction des effluents ou de leur toxicité est un objectif louable, mais on n'a pas encore prouvé à ma connaissance que la réglementation protège l'environnement à un degré significatif.

Certaines provinces ont, elles aussi, une réglementation relative aux effluents industriels, parfois plus stricte que celle du gouvernement fédéral. De plus, certaines provinces ont d'autres lois concernant la protection de l'environnement. Traditionnellement, les scientifiques ne se sont pas préoccupés des questions légales, mais les chercheurs sont aux prises avec des problèmes courants. Ce fouillis légal a des implications sur leur travail, et un précis de la législation pertinente accompagné d'explications appropriées serait apprécié. Comme d'habitude, la Suède a établi un précédent (Lundkvist 1974). Tout de même, il existe un très bref exposé des organismes fédéraux, internationaux et provin-

ciaux, ainsi que de la législation pertinente (Canada Water Yearbook 1975). Bien que l'intention soit bonne et qu'il suffise aux usagers de l'Annuaire, cet exposé ne répond pas aux besoins de l'auditoire auquel, d'après moi, nous devrions nous adresser.

Le Parlement a récemment passé une Loi sur les polluants de l'environnement. Cette Loi est semblable à celle que passait la Suède en 1973 et, si appliquée (les ministres ont autorité sur certaines questions, mais ne sont pas tenus d'agir), nous permettrait beaucoup mieux de contrôler la distribution, l'usage et le rejet des substances chimiques toxiques. M. J. C. Macleod du Service des pêches et des sciences de la mer a préparé un excellent résumé de l'arrière-plan et de l'historique du développement de la Loi, mais, à ma connaissance, ce travail n'a pas été publié.

Dans le passé, les gouvernements canadiens eurent à faire face à crises après crises de l'environnement. Ils ont réagi aussi rapidement et aussi soigneusement que leur permirent les circonstances et les ministres. Par ailleurs, cette réponse improvisée a entraîné la prolifération de programmes touchant l'environnement, qui sont soit les restes remaniés de programmes appliqués à d'anciennes crises soit des efforts de la part des gestionnaires nationaux ou régionaux en vue d'anticiper les problèmes.

Certains programmes de recherche actuels chevauchent, mais il est difficile de définer et le degré et la fréquence du chevauchement. Il n'y a pas de raison spéciale pour considérer le chevauchement comme nécessairement mauvais. En fait, dans certaines circonstances, il peut même être louable. Mais il y a un manque de communication formelle entre ces projets, autrement que par des publications et des réseaux « souterrains ». Les gouvernements auraient avantage à établir des communications formelles.Il existe néanmoins une certaine coordination qui n'est pas spécifiquement liée à la recherche. Un bon exemple en est le Comité interministériel fédéral sur les pesticides, qui fonctionne efficacement. Il y a divers autres comités, comme par exemple ceux qui s'occupent des pesticides forestiers, du contrôle des mouches noires et du mercure dans l'environnement. La réponse du gouvernement à bien des problèmes est de former un comité. On doute de l'efficacité de ces comités à coordonner la recherche, car ils possèdent rarement des pouvoirs de gestion. Il y a exception cependant dans le cas des comités directeur et technique des programmes de recherche sur l'environnement des sables bitumineux de l'Alberta. Cette organisation est un bon exemple d'une solide coordination visant à résoudre un problème de polluants de l'environnement. La recherche effectuée par les gouvernements fédéral et provincial, et les secteurs universitaire et public devra être intégrée par ces organismes en un programme unique. Reste à voir jusqu'à quel point l'organisation pourra réussir. Son succès dépend en grande partie des individus clefs impliqués.

Le Canada fait partie d'organisations et d'agences internationales, en particulier dans le domaine de la mer (e.g. Waldichuk 1973), mais quelque peu également dans celui des eaux douces (Canada Water Yearbook 1975). Toute coordination, cependant, dépend de la bonne volonté des intéressés, car il semble y avoir peu d'accords qui les y obligent.

On a peu d'indication qu'il existe sur ces points une liaison nationale générale, bien qu'il y ait une liaison quelconque entre les cadres supérieurs de gestion des gouvernements fédéral et provinciaux. C'est probablement au niveau des scientifiques que se trouve une coordination productive, alors qu'au niveau de la gestion, la coordination fonctionnelle est assez rare.

En général, la situation est saine. Cependant, on en arriverait à une meilleure coordination s'il y avait moyen d'établir des priorités gouvernementales dans la recherche sur les polluants. Ces priorités pourraient être discutées, pour en arriver à un consensus qui serait alors communiqué aux composantes appropriées de recherche, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur du gouvernement. Nous examinons cet aspect plus loin dans ce rapport.

Finalement, il existe au Canada plusieurs groupes qui s'occupent des aspects pratiques et légaux des polluants de l'environnement. Malheureusement, il y a également au Canada un fouillis de lois fédérales, provinciales et municipales concernant les polluants de l'environnement aquatique, mais il n'existe aucune description des organismes fédéraux et provinciaux, et des rôles précis qui leur sont confiés. Il serait bon que le Canada imite la Suède et publie des descriptions claires, concises et non légales de la législation existante et des responsabilités des organismes clefs, à l'intention du grand public et des scientifiques intéressés. Ce travail devrait être confié à une université ou à d'autres communautés légales en dehors du gouvernement. Il semblerait également que le ME et le MAIN sont tous deux coupables de ne pas avoir défini leurs rôles dans l'Arctique de façon à favoriser la solution la plus efficace des problèmes.

Niveau de l'effort canadien

De nouveaux problèmes engendrent inévitablement des demandes de ressources supplémentaires; c'est pourquoi un de mes premiers efforts visa à établir l'étendue des investissements canadiens actuels en main-d'oeuvre et en dollars. En dépit de

la nature simple de la question, ceci s'est avéré remarquablement difficile.

1. La recherche sur les polluants de l'environnement et en toxicologie aquatique implique une grande diversité de domaines et de disciplines. Ceux qui la poursuivent décrivent leurs activités de façons fort différentes. De plus, les activités sont distinctes sous certains aspects et chevauchent sous d'autres. La définition est donc un réel problème.

2. Le principal investissement est celui du gouvernement du Canada. Cette institution a une attitude remarquablement cavalière lorsqu'il s'agit de faire le lien entre les dépenses et des activités bien définies. On a des données sur des ensembles d'activités (e.g. « buts » ou « objectifs »), mais ces dernières sont si largement définies qu'elles sont à peu près inutiles pour le présent travail. De plus, les descriptions de programmes peuvent changer en fonction d'objectifs changeants, alors que les activités se rapportant aux programmes peuvent ne pas changer.

3. Plusieurs des relevés dont nous disposons (Food and Agriculture Organization (FAO) 1974) dépendent de l'intérêt, de la compréhension et de la sincérité de ceux qui répondent aux questionnaires.

Les relevés sont, semble-t-il, une sérieuse préoccupation des organismes internationaux et sont peut-être un suppléant de la recherche véritable. De toute façon, ces relevés, de même que ceux que le gouvernement fait de ses propres activités souffrent d'un manque évident d'attention à l'analyse des données fondamentales et aux détails éditoriaux. Tels qu'effectués présentement, ils sont loin d'être parfaits et peut-être sont-ils loin d'être utiles.

Cette apologie étant faite, et ayant avoué une certaine frustration, nous exposons ce que nous avons choisi de l'information compilée dans les limites du temps à notre disposition.

Il est évident que le pays, depuis une dizaine d'années, oriente une grande partie de ses activités de recherche vers les problèmes de pollution. Cette nouvelle orientation est très prononcée dans les laboratoires gouvernementaux, mais est difficile à détecter dans la communauté académique, étant donné que ces changements sont ordinairement des changements conceptuels mineurs dans l'activité de recherche individuelle.

Bien qu'il soit difficile de quantifier, on peut quand même présenter quelques données. En 1970–71, le CNR fit un inventaire des recherches portant sur la pollution au Canada (Sutton et al. 1972). Sans avoir la prétention d'être complets, les auteurs se sont évidemment efforcés de couvrir le plus de domaines possibles. Nous avons fouillé ce document, nous servant d'une série de mots clefs qui, à notre avis, nous fournissaient le maximum d'information. Cette information fut ensuite analysée, et nous avons choisi les chercheurs qui travaillaient surtout dans le domaine de la toxicologie aquatique. Parmi ceux-ci, environ 100 pouvaient être considérés comme activement engagés dans la recherche dans ce domaine. La plupart étaient à l'emploi des gouvernements (60), les pêches fédérales (en grande partie ce qui était alors l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada) en contribuant 30. Les autres étaient en grande partie associés aux universités ou à des sociétés de consultants.

Il est regrettable que nous n'ayons pas eu à notre disposition un inventaire plus récent. Cependant, en 1974, environ 50 personnes participaient à un colloque de l'Institut des eaux douces sur les analyses biologiques aquatiques. La version 1975 de ce colloque, tenue en Ontario, en attira encore davantage (Craig, communication personnelle). En 1973, environ 100 personnes se réunissaient pour discuter du problème du pétrole dans l'environnement canadien – naturellement, tous ces gens n'étaient pas des spécialistes des eaux ou des scientifiques intéressés à la toxicologie (Mackay et Harrison 1973). En 1974, quelque 100 chercheurs canadiens se réunissaient pour discuter du transport des substances chimiques persistantes dans les écosystèmes aquatiques (de Freitas et al. 1974). Un recensement de la FAO (FAO 1974) mentionne environ 21 institutions canadiennes poursuivant des recherches sur les polluants dans les organismes aquatiques. Ces groupes ne possèdent pas tous une compétence en analyses biologiques, et plusieurs s'occupent des polluants affectant les poissons comme nourriture. Nous n'avons pas eu le temps d'évaluer le personnel provincial ni celui des sociétés de consultants, bien que les deux groupes soient représentés dans les documents mentionnés plus haut.

Passant de ces considérations à la question des dépenses – on sait que les contrats sont accordés par le ministère des Approvisionnements et Services pour les autres ministères. Nous avons étudié la liste de ces contrats pour la période annuelle la plus rapprochée de cette étude. Il est difficile de s'assurer, par un titre et une description abrégée, du but exact du contrat. Cependant, environ $1.7 million ont été dépensés sur des questions se rapportant à l'impact de produits chimiques toxiques, en grande partie le pétrole, sur l'environnement.

Les montants de ces contrats varient d'un maximum de $470 000 à un minimum de $500. On serait porté à croire, à en juger par les titres de ces deux contrats, que les coûts auraient dû être inversés, mais la plupart des coûts semblent assez raisonnables par rapport aux problèmes décrits, le coût moyen étant de $22 000.

Comme on peut s'y attendre, le ministère de

l'Environnement est de beaucoup le plus important contracteur, avec un montant de $1 360 000. Chose surprenante, le ministère des Affaires indiennes et du Nord vient en second lieu, avec $300 000, et les autres ministères étant loin en arrière. Ces chiffres sont fondés sur le relevé d'une seule année, et il est difficile de faire des projections des dépenses gouvernementales.

Chose curieuse, quand nous avons complété ce relevé avec un contrôle par sondage de 2 années supplémentaires de statistiques, nous n'avons pu trouver un seul cas où le ministère de l'Expansion économique régionale avait accordé un contrat reflétant un intérêt pour l'environnement. Quand on songe que ce ministère est un important promoteur de l'expansion industrielle, on se demande quels mécanismes sont utilisés pour déterminer la répercussion de ces projets nombreux et variés. Apparemment, ces études se font par l'entrepreneur et apparaissent comme travaux d'autres organismes ou de sociétés privées. Dans ce dernier cas, les données ne sont pas disponibles parce que la plupart des sociétés les considèrent comme leur propriété. Nous n'avons obtenu que très peu de dépenses provinciales dans le temps alloué.

Pour ce qui est des autres dépenses fédérales, nous avons eu à notre disposition les estimations suivantes :

Nous servant ici encore de mots clefs choisis, nous avons fait la revue du bottin le plus récent du CNR sur la recherche dans les universités recevant un appui du fédéral. On estime à quelque $600 000 les montants versés annuellement en contrats et en octrois compris entre $1 000 et $103 000.

Les estimés des dépenses internes du fédéral sont toujours discutables. C'est ainsi par exemple qu'un récent relevé des ressources consacrées par le Service des pêches et des sciences de la mer (SPSM) à des problèmes de l'environnement (à l'exclusion des substances contaminantes dans les poissons comestibles, mais incluant une composante majeure portant sur le pétrole), aboutit à la conclusion qu'environ $2 000 000 et 100 hommes-années sont consacrés à ce domaine annuellement. On a mis en doute cet estimé comme étant trop élevé, bien qu'il soit fondé sur une analyse précise et restrictive de la fiche des projets du Service. En vérité, le relevé était fondé sur l'hypothèse que les codes utilisés pour désigner les projets étaient raisonnablement précis et que tous les directeurs de projets employaient le code et non celui qu'ils jugeaient populaire auprès de la gérance. On a suggéré que ni l'une ni l'autre de ces hypothèses n'était sûre, mais on peut soutenir que cet estimé ne peut être très loin de la vérité et peut même être conservateur.

Nous avons de plus passé en revue le budget du SPSM pour l'année fiscale 1974-75 en regard de certains objectifs choisis. Un estimé subjectif de notre part indique qu'on aurait consacré environ 175 hommes-années et $3 500 000 à ces activités. Il faut souligner que cet estimé couvre un domaine beaucoup plus étendu que la toxicologie aquatique, mais qu'il semble inclure la plupart des activités se rapportant aux polluants tels qu'ils affectent la ressource et non le poisson comme nourriture. Il peut également inclure des activités qui ne sont pas de la recherche.

Pour donner un estimé grossier de tout le ME, des 650 scientifiques engagés dans la recherche, 300 se trouvent dans des services s'occupant directement du secteur aquatique (Direction générale des eaux intérieures, Service des pêches et des sciences de la mer et, chose surprenante, le Service de la protection de l'environnement, qui n'a pas de mandat de recherche). Par extrapolation avec une assez bonne connaissance de certains établissements, je suis porté à croire que 15% des scientifiques du ME sont directement ou indirectement impliqués dans l'étude des substances chimiques toxiques. Cet estimé pourrait inclure quelques scientifiques travaillant sur des problèmes de toxiques affectant l'homme directement.

Partant de l'hypothèse que le chiffre de 100 scientifiques au ME est exact et qu'il en coûte environ $50 000 par année par scientifique, on peut donc estimer que le Ministère, dans l'ensemble, dépense au-delà de $5 000 000.

Ce total semble bas comparé au chiffre obtenu pour le SPSM seul, mais il faut souligner qu'il ne représente que la recherche. Si l'on fait les mêmes calculs pour les effectifs du SPSM d'environ 210 chercheurs, on arrive à un estimé de 30 scientifiques et d'une dépense de $1 500 000 annuellement.

Nous n'avons pas eu accès aux dépenses consacrées à des questions semblables dans le secteur privé canadien. Bien qu'il se fasse présentement beaucoup de vérification de substances toxiques dans les autres pays, notre propre processus de revue d'impact sur l'environnement exige que l'on accorde quelque considération à l'usage de ces substances chimiques. Les montants consacrés à la recherche par le secteur privé sont probablement considérables et à la hausse, bien que cette proposition dépende beaucoup de la définition que l'on donne à la recherche.

L'impression que nous donnent ces estimés est celle d'une communauté scientifique assez grande et active au gouvernement et au pays. En outre, ces données laissent penser que l'on consacre des sommes considérables aux problèmes de pollution et aux polluants tels qu'ils affectent la biocénose. Cependant, il faut souligner encore une fois que les données sont diffuses et que l'investissement canadien dans ce secteur demeure obscur. Cette situation

est moins qu'optimale pour la gestion des ressources de recherche ou encore pour la gestion de problèmes de crises.

Il est essentiel que le gouvernement fédéral fasse un effort concerté en vue d'identifier le niveau de ressources humaines et autres consacrées à la recherche sur les polluants de l'environnement aquatique et sur leur contrôle. En l'absence et telles données, les gestionnaires ne peuvent prendre de sages décisions concernant la réallocation des ressources lorsqu'il s'agit de résoudre des problèmes spécifiques. En outre, en l'absence de telles données et d'une liste rationnelle de priorités, il ne serait pas très réaliste pour les gestionnaires de faire appel au public en vue d'obtenir plus de ressources pour la recherche ou pour la gestion.

Le promoteur paye?

Le concept que le responsable de la pollution ou le promoteur du produit doive payer la note est implicite dans bien des item législatifs et dans les attitudes de plusieurs gouvernements (e.g. Canada, É.-U., Suède et Grande-Bretagne, au moins). A prime abord, ceci semble être une attitude éminement sensée. Cependant, il y a des questions en jeu qui méritent une recherche intensive, surtout économique, ainsi qu'une réévaluation des décisions aux plus hauts niveaux de la gérance.

Le problème est que d'une part, le public exige les bénéfices de nouveaux développements industriels et de l'emploi de nouveaux produits chimiques et que d'autre part, il exige également une meilleure protection de l'environnement contre les dangers que présentent de tels développements ou de tels produits chimiques. En réponse à ce légitime désir d'une meilleure protection, le gouvernement applique des contrôles plus stricts, poursuit des études d'impact sur l'environnement et exige une vérification de plus en plus soigneuse des substances chimiques. Toutes ces exigences représentent un fardeau pour le promoteur, fardeau qui devient très lourd en vérité. Pour citer Djerassi et al. (1974) :

> « Malgré la récente publication de plusieurs articles concernant le coût élevé du développement de nouveaux pesticides, il est difficile d'obtenir des chiffres pour des produits individuels, parce qu'une information de cette nature est propriété privée. En 1970, un recensement de l'industrie des pesticides prétendait qu'il en coûte en moyenne $5.5 millions pour développer un nouveau pesticide. Le temps requis pour la commercialisation est de 77 mois. Un relevé semblable auprès de 14 sociétés en 1969 mentionne un coût moyen de $44 millions en 60 mois. Comme le font remarquer Johnson et Blair, ces chiffres sont trop bas, car ils n'incluent pas le coût des usines-pilotes, le développement des procédés, les études sur le contrôle des déchets et autres facteurs de l'environnement. Leur estimé, plus réaliste, en arrive à un montant de $11 millions sur une période de dix ans, incluant non seulement le coût de développement des produits non réussis qui doit être supporté par les produits réussis, mais aussi les coûts supplémentaires que représentent les intérêts non perçus, soit $11 millions à 8%, que la société aurait gagnés si elle avait décidé de déposer ces argents en banque. »

Cet estimé se rapproche des $12 millions mentionnés par l'industrie des savons et des détergents pour le développement de l'acide nitrilotriacétique (ANT) en remplacement des phosphates. En outre, on estime à $30–40 millions sur une période de 10 ans les montants consacrés à la recherche touchant l'environnement en relation avec le développement des sables bitumineux de l'Alberta.

Tous les coûts de développement d'un nouveau produit chimique ne peuvent être imputés à la preuve de sa sûreté pour l'environnement. Il n'en reste pas moins qu'une forte proportion de l'investissement est consacrée à ces questions, et que le coût va en augmentant.

L'industrie devrait peut-être supporter ces coûts, mais on se demande si les responsables des politiques réalisent que ce fardeau agit comme facteur de sélection économique et n'est peut-être pas dans le meilleur intérêt du pays.

En discutant de ces questions, il faut divorcer le concept de responsabilité de l'argument. Le promoteur a certainement la responsabilité de prouver que son produit ne menace pas l'environnement, et le gouvernement est également responsable de dicter au promoteur la façon dont ce dernier doit présenter sa preuve et indiquer le degré de risque qui est acceptable. Le coût de ces activités est la question qui intéresse l'entreprise, alors que les alternatives requièrent des décisions gouvernementales. De telles décisions nécessitent un investissement préliminaire de la part du gouvernement en vue d'une recherche socio-économique qui fournirait un bon fondement de données. Il est douteux qu'une recherche de cette nature se fasse présentement au Canada.

Une conséquence des coûts élevés est que seules les grandes sociétés peuvent survivre. Elles seules peuvent engager pour de longues périodes de telles sommes d'argent. Un processus de sélection est donc imposé à l'industrie elle-même, et il semble raisonnable de suggérer que cette situation doive être l'objet de discussions, surtout si l'on songe que l'on est peut-être en train d'exercer une sélection contre l'industrie canadienne.

Une fois les grandes sociétés ainsi sélectionnées, un autre effet émerge — plus la société est grande, plus le marché doit être étendu pour que la commercialisation du produit soit attrayante. Djerassi

et al. (1974) citent un cas où cet effet est apparu et où, comme résultat, le travail sur un pesticide prometteur a été abandonné. Dans ce cas, la société a même offert de donner les brevets et les droits à l'État, mais ce dernier n'a pu les accepter.

Il s'ajoute un autre processus de sélection par les coûts sur les types de composés chimiques produits. Comme exemple, on ne développe pas de pesticides à spectre étroit à moins que la peste ne soit largement répandue ou attaque une récolte d'importance économique majeure.

En outre, il en coûte moins de prouver la sûreté pour l'environnement d'un pesticide à spectre étendu et de faible toxicité que celle d'un composé à spectre étroit et peut-être de toxicité relativement élevée. En dépit du désir d'éviter le premier type de pesticides, avec leur impact sur des espèces autres que l'espèce cible, il est possible qu'au contraire on encourage économiquement leur développement et leur production.

Autre conséquence, c'est qu'une agriculture comme la nôtre, adonnée qu'elle est aux pesticides (e.g. Whelan 1975), exige continuellement de nouveaux pesticides, et il ne s'en développe pas. Le gouvernement l'a enfin compris et s'inquiétait récemment du manque de nouveaux pesticides pour les sols (Federal Interdepartmental Committee on Pesticides (FICP) 1975), et faisait remarquer que les considérations et règlements concernant l'environnement ont fait perdre aux sociétés manufacturières leur enthousiasme pour le développement à cause de l'incertitude de réaliser un profit. Les participants n'étaient pas tous d'accord sur ce point. Cependant, le résultat de décisions aussi fondamentalement économiques est qu'on continue de manufacturer et d'utiliser des composés que l'on sait dangereux pour l'environnement.

On a émis l'opinion que les universités et le gouvernement pourraient produire des données pour l'enregistrement des pesticides. Ce concept, appliqué aux laboratoires gouvernementaux, semble contraire à la politique actuelle de certains services, mais par contre est accepté par d'autres services et ministères. Il est peu probable que la communauté académique soit intéressée, car le financement à court terme n'aiderait pas la formation des étudiants diplômés. On ressent dans les cercles gouvernementaux une certaine sympathie pour la position dans laquelle les sociétés se trouvent et qui, d'ailleurs, n'est pas limitée à ce cas particulier. Cependant, on semble faire très peu d'effort, si tant est qu'on en fait, vers une action concertée en vue de résoudre le problème.

Dans la revue qu'il fait d'une question analogue (le processus d'évaluation d'impact sur l'environnement), Fischer (1974) démontre que les coûts impliqués sont un problème mineur comparé à une prise de décision suboptimale (une décision optimale étant définie comme produisant une diminution des répercussions adverses sur l'environnement). Il suggère de plus que les coûts directs des évaluations d'impact diminueraient avec l'expérience acquise, tout comme les coûts indirects, tels que ceux qu'entraînerait un délai à entreprendre un projet. L'analogie devient quelque peu forçée à ce point, car il semble qu'une expérience accrue dans le domaine de la toxicologie a résulté dans le passé en une demande pour plus d'analyses, de même que pour des analyses de plus en plus raffinées; l'une et l'autre demande résultent en des coûts plus élevés. Le point principal de l'argument de Fischer est que le processus d'évaluation lui-même agit comme moyen de contrôle. L'industrie canadienne des pêches s'est montrée également sensible lors d'un récent colloque (Nelson 1973), et on a suggéré que l'émotion, et non le sens commun, est un facteur déterminant (Fahnestock 1969).

L'indécision gouvernementale sur ces questions devient un sujet de discussion dans la littérature scientifique (e.g. Anon. 1975). Si l'on en parle dans ces cercles, on peut être absolument sûr que les industries concernées en discutent depuis quelque temps.

On a donc des raisons de croire que les effets secondaires de la protection de l'environnement sont en voie de devenir des forces majeures de sélection parmi les industries affectées et sont un important facteur dans la prise de décisions par l'industrie. Nous suggérons qu'il est temps que les gouvernements fassent la revue de leurs politiques dans ces domaines, car une stricte adhésion au principe que le « responsable de la pollution ou le promoteur paye » peut ne pas être dans le meilleur intérêt du public. Nous faisons cette suggestion parce qu'il y a très peu d'indication que l'on envisage les problèmes esquissés plus haut ou que l'on considère la résistance de plus en plus évidente de l'industrie à s'aventurer dans de nouvelles activités de recherche et de développement dans le domaine des agents de contrôle. Selon Djerassi et al. (1974), « les responsables des politiques devraient donc se demander s'il faut des stimulants spéciaux à la poursuite d'un travail pratique dans ces domaines ou si d'autres secteurs de la communauté de R-D pourraient contribuer efficacement à de nouvelles approches pratiques. *Nous prédisons catégoriquement que, si cela n'est pas fait correctement, la plupart des énoncés publics sur la probabilité de découvrir des agents de contrôle fondamentalement nouveaux pour les populations humaines ou d'insectes ne seront que des exagérations grossièrement optimistes.* » (l'italique est de moi)

On a suggéré aux É.-U. et ailleurs diverses

alternatives à la solution de ces problèmes. Le présent rapport n'est pas une tribune appropriée à la considération d'alternatives, mais il faut reconnaître que les coûts associés à l'évaluation de l'impact possible de développements industriels et de la production industrielle de nouvelles substances chimiques affectent la composition des industries, leurs activités de recherche et les décisions. De plus, ces coûts seraient un facteur réel de sélection contre les industries canadiennes en faveur des grandes corporations multinationales. Il semble donc que la philosophie selon laquelle le « responsable de la pollution ou le promoteur paye » devrait être examinée et discutée afin de déterminer si une stricte adhésion est encore dans le meilleur intérêt du Canada. La recherche socio-économique est probablement la clef de ces problèmes.

Établissement des priorités

Les données que nous avons présentées sur le rythme de production de nouvelles substances chimiques, sur les coûts des essais et sur notre investissement actuel dans la recherche démontrent clairement que le Canada n'a pas les moyens de traiter tous les problèmes de polluants de l'environnement de la même manière, non plus que de les résoudre tous au même degré. Il est également clair que l'industrie ne peut se voir imposer un fardeau impossible, car une telle action pourrait aller à l'encontre des meilleurs intérêts nationaux. En outre, il faut se rappeler que les composés requis par le gouvernement doivent être évalués par le gouvernement, que les analyses requises par le gouvernement doivent être développées par le gouvernement, que les résultats d'analyses requises par le gouvernement doivent être vérifiés par le gouvernement. Presque toutes ces activités pourraient être appelées recherche ou considérées comme ayant besoin de recherche à l'heure actuelle.

Par conséquent, ce dont on a besoin dans la communauté de recherche et dans le contexte général de la gestion des substances chimiques toxiques, est un mécanisme d'établissement de priorités à l'intention des organismes concernés. Ces organismes devront alors transmettre leurs données à une autorité finale qui prendra une décision après avoir pesé le besoin contre le risque.

La question est de savoir comment la Canada établit ces priorités?

La loi proposée aux É.-U. sur les substances toxiques, la loi canadienne et la loi suédoise contiennent toutes des clauses à l'effet que l'industrie doive aviser le gouvernement de son intention de produire ou d'importer des substances chimiques. Le gouvernement décide alors quels composés requièrent plus de données et peut les exiger. Sur quelle base le gouvernement décide-t-il qu'il a un intérêt n'est pas clair pour le moment. Comment décide-t-il des substances qui posent des problèmes et de celles qui n'en posent pas?

Le gouvernement canadien tente de faire quelque chose dans ce domaine, et une certaine action est évidente en ce qui a trait à l'accord canado-américain sur la qualité de l'eau (Macleod, communications personnelle). Ceci est un problème clef. Il faudrait que des priorités aient été établies, du moins provisoirement, avant toute autre action sous l'empire de la Loi sur les polluants de l'environnement. Il faudra sûrement établir des priorités avant de demander des crédits, car des estimés budgétaires d'importance ne peuvent être soumis au Parlement sans une connaissance des priorités.

La littérature décrit de nombreux cas où l'on a tenté d'établir des priorités ou tout au moins de signaler des problèmes intéressant des individus bien informés. La plupart des meilleures tentatives semblent dépendre en premier lieu du niveau de protection requis (NAS 1975) qui, tout en étant fondamentalement une question socio-économique, est un important aspect du processus de décision. Il faut alors faire une évaluation quelconque du risque (NAS 1975), dans laquelle on admet qu'aucune série de tests ou compilation de l'information ne peut démontrer qu'une substance chimique est tout à fait sûre. Nous suggérons qu'à ce stade, on considère un estimé quelconque de bénéfice, peut-être analogue à celui dont se servent les toxicologues humains quand ils comparent le dosage effectif (DE) avec la concentration létale (CL). Il y a cependant peu d'indication qu'on le fasse ou qu'on se propose de le faire, même dans le cas de pesticides, où l'on pourrait facilement comparer un DE_{50} avec, par exemple, des données de CL_x pour l'homme (CL_1 est probablement intenable).

Les évaluations des risques et des bénéfices dépendront d'une information comme la relation entre la structure chimique et l'activité biologique (Khan 1973; Veith et Konasewich 1975). On utilise beaucoup le concept d'unité de toxicité développé par Sprague dans ses revues critiques de la méthodologie des analyses biologiques aquatiques (e.g. NAS 1973; Seba 1975). On trouve également des applications pour le concept de la toxicité aiguë relative (Loomis 1974).

D'autres façons d'établir des priorités, tout en reconnaissant les données de toxicologie, traitent des problèmes existants sur la base d'échelle et de méthode d'emploi (SCEP 1970; Dryssen et Jagner 1972). Cette approche est particulièrement en faveur auprès de la communauté océanographique. Une récente tentative de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) se base sur la classe chimique, la source et la fonction pour classer, mais non pour établir des priorités, des

substances chimiques spécifiques reconnues comme polluants de l'eau. Le classement, tout en étant utile, est un écueil à éviter si une liste de priorités est ce dont on a réellement besoin.

Nous ne recommandons pas dans ce rapport de critères définitifs pour l'établissement de priorités. Il est important que le Canada développe ses propres mécanismes d'établissement de priorités et ses propres priorités. Il nous faut reconnaître, mais non nécessairement imiter les efforts des autres pays. Cependent, nos problèmes peuvent être exclusifs au Canada ou du moins différents des leurs. En fait, il se pose des problèmes particuliers aux provinces ou aux régions. De plus, au Canada, un ministère se voit chargé des risques (e.g. ME), alors que d'autres ministères en retirent les bénéfices (Santé nationale et Bien-être social, AC); une situation peu agréable.

Dans le contexte plus restreint de la recherche en toxicologie aquatique, on ne voit pas au Canada d'effort général en vue d'établir des priorités. La recherche semble plutôt porter sur des toxiques spécifiques, et ceci pour trois raisons principales : (1) c'est la mode courante; (2) une autorité de l'extérieur l'impose de par sa nature de crise et (3) le scientifique est assez perceptif pour anticiper les problèmes à venir et assez persuasif pour vendre son programme à la gérance ou pour le lui cacher. Une liste de toxiques considérés comme étant des problèmes par le gouvernement canadien pourrait améliorer cette situation. Une telle liste pourrait guider les organismes concernés, sans toutefois les restreindre, lorsqu'il s'agit de financer des activités de recherche interne ou externe.

Considérant l'usage que l'on fait présentement des substances chimiques, le taux de production de nouvelles substances et les coûts de vérification, il faut développer des mécanismes d'établissement de priorités puisque qu'on ne peut évaluer toutes les substances chimiques au même degré. Il est essentiel que les décisions concernant la vérification ne soient pas prises au petit bonheur. L'évaluation de l'impact possible des toxiques sur l'environnement nécessitera des recherches, et les ressources pour la recherche sont limitées; l'établissement de priorités prend donc une importance particulière.

Information

Avant d'entreprendre un programme de recherche, un bon scientifique fait la revue de la littérature en vue de se rendre compte de ce qui est déjà connu sur le sujet. Cette tâche est devenue difficile par suite de la récente explosion de l'information. Dans le domaine de la pollution, le problème se complique davantage du fait qu'il existe un volume considérable de données qui sont propriété privée, restreintes aux dossiers gouvernementaux ou contenues dans les rapports gouvernementaux. En 1974, l'American Fisheries Society fit un relevé qui indiquerait que 30-60% de la recherche sur la suppression de la pollution effectuée par les organismes fédéraux et d'États aux É.-U. et par les organismes canadiens n'ont jamais été publiés. D'après ce relevé, il s'écoulerait de 8 à 16 mois avant que l'information ne sorte, et de 18 à 28 mois avant la publication formelle dans un périodique scientifique.

Plusieurs revues courantes sont peu utiles aux scientifiques parce qu'elles tendent à être superficielles et orientées vers l'usager. Certaines de ces revues, qui se présentent sous forme d'une liste de titres quelque peu développés (e.g. McKinnon et al. 1974), ne font que contribuer à l'explosion de l'information plutôt que de faciliter la tâche du chercheur.

En considérant les publications qui ont été ou non l'objet de revues, il semble que les expériences aujourd'hui sont de plus en plus fondées sur des données présentement à la disposition du chercheur et non sur toutes les donnés disponibles. Personne ne veut inventer la roue de nouveau, mais une recherche redondante devient de plus en plus commune. Quand on songe au coût des décisions de permettre ou d'interdire l'usage des substances chimiques toxiques et de l'investissement dans la recherche, le problème d'une information facilement accessible prend des proportions majeures.

Le Service des pêches et des sciences de la mer a récemment commandé une étude dans le but d' « accroître l'efficacité des services d'information et de données scientifiques et techniques au SPSM. » Nulle part dans les objectifs, le mandat ou les mémoires annonçant cette étude a-t-on fait mention de substances chimiques toxiques et de leur répercussion sur l'environnement. L'auteur du présent rapport a suggéré à un membre du groupe d'étude que c'était là un domaine d'intérêt majeur pour le Service, le Ministère et peut-être même pour le pays entier.

Un groupe d'étude des Nations Unies sur les dangers que présentent pour la santé les nouveaux polluants de l'environnement s'est récemment attaqué à des problèmes de santé humaine. D'après son rapport intérimaire, le principal problème auquel la communauté scientifique a à faire face serait de transmettre à ceux qui en ont besoin (et à temps) l'information scientifique et technique extraite de la littérature et de diverses autres sources. On note qu'il y a au moins 3 000 articles publiés annuellement dans le seul domaine des pesticides; ces articles apparaissent dans quelque 250 périodiques. Le rapport de ce groupe d'étude examine divers systèmes de manipulation de l'information

toxicologique, mais la plupart ne semblent s'appliquer qu'aux problèmes de toxicologie humaine. Cependant, le rapport soulève la question de données industrielles qui peuvent être libérées seulement après assurance qu'on respectera leur caractère confidentiel. En résumé, le rapport propose la création d'un registre international de substances chimiques toxiques. Le Canada a participé aux discussions concernant cette proposition, mais notre engagement national dépend de la contribution que l'on exigera des pays développés, en dépit du fait qu'une telle initiative soit bien vue des pays en voie de développement. Comme ce programme s'intéresse surtout à la santé humaine, les organismes impliqués dans l'environnement n'ont pas jugé à propos d'y participer. Pour cette raison, la gérance trouvera sans doute excessive les ressources en hommes-années requises.

Le problème de l'acquisition des données a pris une telle ampleur qu'il est douteux qu'un pays seul ait les moyens de réunir, de trier et de disséminer toute l'information existante. En outre, on se pose de sérieuses questions scientifiques concernant le type de données à recueillir et leurs mérites relatifs. Le problème se complique davantage du fait que tout système d'acquisition et de dissémination des données proposé par le Canada devrait être compatible avec les principaux systèmes internationaux de manipulation des données.

Il existe plusieurs systèmes de recherche documentaire mécanisés et de bases de données concernant les polluants ou les toxiques possibles. Malheureusement, ces systèmes portent surtout sur des questions de santé humaine. Par conséquent, les bases de données existantes ont une utilité immédiate assez limitée pour les environnementalistes, et la recherche documentaire sur les tests se rapportant à l'environnement doit se faire à l'aide de systèmes généraux existants. Même ces systèmes peuvent ne permettre qu'une recherche de quelques années en arrière.

On semble avoir passé d'une explosion de l'information à une crise de l'information, et ceci conduit à une duplication des efforts de recherche. Devant la rareté des ressources de recherche au Canada et ailleurs, ceci reflète une faiblesse de la gestion.

Bien que l'accès à la littérature soit une question clef pour les scientifiques, on a également besoin d'autres données pour établir des priorités dans l'allocation des ressources de recherche et dans la conception des expériences. Ce genre de données ne provient pas d'une recherche antérieure, mais est plutôt la conséquence de la production et de l'usage, par exemple : formule moléculaire et nom systématique, marques de commerce, caractéristiques chimiques; formulations majeures et leurs composantes; méthodes de production, y compris efficacité, substances chimiques utilisées dans le procédé et, si possible, sous-produits rejetés dans les effluents; degré de pureté du produit, polluants s'il y en a; usages proposés, échelle de production et d'emploi, régions géographiques d'emploi, sites des tests; voies principales vers l'environnement, voies et méthodes de rejet; dans le cas d'un biocide, espèces cibles; mode d'action, si connu; analyses chimiques en vue de déterminer l'agent actif et les substances contaminantes utiles aux biocénoses et aux environnements récepteurs; données d'analyses biologiques connues du manufacturier; données connues du manufacturier sur la persistance et la transformation; produits de transformation, analyses chimiques de ces produits s'ils sont, eux aussi, suspects; données semblables sur les composés porteurs ou les solvants.

Plusieurs de ces donnés sont considérées comme confidentielles par les sociétés impliquées et, si elles sont transmises au gouvernement, elles ne sont pas accessibles au spécialiste de l'environnement, même s'il est à l'emploi du gouvernement. L'accès aux données est un important problème.

Les scientifiques se sont vus restreindre l'accès aux données sur les taux de production à cause de limitations telles que celles qui s'appliquent à Statistiques Canada (FICP 1975). La Loi proposée sur les polluants de l'environnement peut remédier à cela, car elle contient un article relatif à l'information (tout comme la législation suédoise). Si l'on en juge par le manque de chiffres sur la production dans NAS (1973, tableau IV-7), même aux É.-U., les données fondamentales ne sont pas facilement disponibles. Ce manque d'information a été vivement dénoncé lors de récentes audiences publiques sur l'usage des pesticides et des herbicides en Alberta (Alberta Environment Conservation Authority 1974). On s'est rendu compte que les organismes gouvernementaux qui possèdent des données ne peuvent les partager avec les organismes s'occupant de l'environnement. Des audiences en Colombie-Britannique ont également soulevé ce problème, tout comme d'ailleurs la National Academy of Sciences des É.-U. (NAS 1975) et autres organismes (SCEP 1970).

La liste de données est fondamentale et contient peu de références à la répercussion des substances chimiques sur l'environnement, mais plusieurs sociétés consacrent de fortes sommes d'argent à de telles études. Ces dernières, ainsi que les données qui en résultent, sont souvent refusées à des organismes tels que le ME. On fait ces études dans de bonnes intentions et avec une préoccupation pour l'environnement, mais les sociétés craignent que les données ne soient mises à la disposition d'organismes chargés de l'application des règlements

et ne soient utilisés à tort et à travers contre elles. Comme quelqu'un le disait, elles ne veulent pas voir un scientifique ouvrir son sarrau pour dévoiler un insigne de policier. Tout en ressentant une certaine sympathie pour la position dans laquelle les sociétés se trouvent, il nous faut résoudre le conflit. À l'heure actuelle, le ME et les organismes provinciaux consacrent de fortes sommes à la répétition d'études déjà faites pour le compte de l'industrie par des consultants professionnels compétents. Cela a peu de sens, car le public a éventuellement à supporter le coût des deux études.

Considérant la crise présente dans la gestion de l'information scientifique relative à la pollution et à ses conséquences, nous suggérons que le ministère de l'Environnement explore la possibilité de créer une banque de données et un système de recherche documentaire, compatible avec les systèmes internationaux existants ou proposés. Le Ministère devrait cependant commencer par explorer la possibilité de donner aux scientifiques plus d'accès aux systèmes existants. On aura soin de ne pas dépenser de ressources sur un système « canadien » per se, et il est possible qu'un système soit jugé comme étant moins qu'utile pour le moment.

Nous sommes également d'avis que les scientifiques canadiens ont besoin d'avoir accès à des données qui sont présentement considérées comme propriété de l'industrie, et nous suggérons qu'un réel effort soit fait pour vaincre la résistance à libérer une telle information. Ceci pourrait être fait sur base confidentiel de « besoin de savoir ». On devra faire un effort réel pour favoriser, si nécessaire, un échange d'information sur base confidentielle. Au début, les organismes chargés de l'application des règlements devront peut-être être exclus de ces échanges.

Systèmes de préalerte

Les systèmes de préalerte sûrs après défaillance sont un mythe cher au public et au fonctionnaire qui doit faire face à la colère publique quand éclate un problème. Il ne semble pas y avoir au monde un seul cas de système qui fonctionne, et nous sommes porté à croire qu'il nous faille considérer, non pas un système unique, mais un ensemble de données en entrée à fournir au gouvernement. Ce dont on a peut-être besoin est un corps central qui, n'ayant pas à se préoccuper de combattre les incendies ou de conseiller le ministre et ses officiers supérieurs, est libre d'étudier ces diverses entrées, signaler les problèmes et surtout rassembler les ressources préliminaires minimales requises pour définir (et non résoudre) le problème ou le non-problème. (Un scientifique a suggéré que ce qu'il nous faudrait réellement faire serait de mettre en poste un scientifique principal au Japon : cet individu serait personnellement impliqué dans au moins la moitié des problèmes auxquels le Canada aura à faire face.)

Cette question a été également soulevée par J. E. Brydon du SPE devant le Comité permanent sur les pêches et les forêts du Parlement lors de l'étude de la Loi sur les polluants de l'environnement.

Il a insisté sur le fait que certaines entrées dans un système de cette nature sont des techniques, d'autres sont des approches généralisées à la solution de problèmes et d'autres encore sont des catégories d'information. Il y a présentement divers degrés de raffinement parmi ces éléments. Ce sont, pour paraphraser ce que disait Brydon :

1. Jugement intuitif : fondé sur la recherche, analyses spéculatives, surveillance et connaissance du comportement chimique dans l'environnement.

2. Epidémiologie : effets sanitaires observés chez les chercheurs de même que sur les plantes et les animaux d'importance économique.

3. Épisodes : événements catastrophiques tels que l'empoisonnement par les BPC, ou événements à long terme tels que la pollution par le mercure.

4. Systèmes de triage : information simpliste que l'industrie devrait fournir.

5. Vérification par l'industrie : les essais obligatoires, probablement peu raffinés, que le gouvernement pourrait exiger.

6. Bilans des matériaux dans les industries : données sur la matière première, l'efficacité du procédé, les déchets produits, la pureté du produit, les pertes inexplicables de matériel, etc.

7. Avis ou comptes rendus obligatoires de la part de l'industrie de son intention de manufacturer, d'importer ou d'utiliser de nouveaux produits chimiques.

8. Information internationale : problèmes chimiques spécifiques dans les autres pays; transport océanique en vrac des toxiques.

9. Listes spécifiques de substances dangereuses : questions clefs soulevées par les efforts coordonnés de la communauté scientifique.

10. Dépistage d'avant en arrière et d'arrière en avant : expression familière se rapportant à l'analyse d'événements passés en vue d'établir une relation de cause à effet et d'en arriver à pouvoir faire des prédictions.

11. Relations structure-activité : une méthode qui est loin d'être parfaite pour prédire l'activité biologique, mais qui commence à être utile.

12. Pronostics technologiques et économétriques : prédictions des changements dans l'industrie.

13. Modélisation : emploi de modèles mathé-

matiques, utilisés en principe pour prédire les effets, mais servant ordinairement au dépistage d'avant en arrière ou à des modèles physiques tels que le programme des lacs expérimentaux.

14. Prospections biogéographiques : la présence naturelle de métaux dans la biocénose ou leurs environnements, méthode utilisée surtout en Amérique du Nord pour définir des problèmes non causés par l'homme. En Russie, on l'utilise pour localiser des dépôts minéraux de valeur.

15. Protocoles : un autre terme pour des systèmes de préalerte? Ordinairement confinés à l'évaluation des substances chimiques avant leur emploi. Ils comportent l'utilisation d'un spectre étendu d'essais biologiques avec quelques-uns des item 1-14.

Les item 1 et 15 semblent être les entrées qui peuvent affecter et qui affectent les décisions prises par les gouvernements à l'heure présente. Le jugement intuitif est en réalité une intégration des item sur la liste qui sont accessibles aux individus. C'est ainsi que les scientifiques individuels constituent des systèmes de préalerte, et le problème peut être de s'assurer qu'ils ont davantage accès aux données suggérées plus haut.

Même quand les gouvernements ont à leur disposition des données de préalerte, il est désappointant de constater que ce sont ordinairement les media d'information qui provoquent une action et déclenchent des décisions clefs. Pourquoi alors devrait-on s'attendre à ce qu'un système formel et général de préalerte soit utile? On peut tenter d'établir un système de portée générale pour la gestion de substances chimiques à effet écologique, mais il ne faudrait jamais s'attendre qu'un tel système puisse anticiper tous les problèmes ou exécuter de ces bonds intuitifs qui constituent la principale utilité des chercheurs.

Par conséquent, des systèmes formels de préalerte sont probablement de beaux rêves qui, pour le moment, ne sont pas réalisables. Nous suggérons fortement que l'information est la question clef et que, pour le moment, nous devrions concentrer nos efforts à satisfaire aux besoins d'information suggérée sous les rubriques 1-15 et des dépendre individus bien informés pour les préalertes.

Quelques problèmes spécifiques

Plusieurs groupes se sont réunis afin d'étudier les priorités pour les toxiques, les problèmes et les substances chimiques. Cette étude ne prétend pas donner une liste complète de substances chimiques posant des problèmes. Elle veut plutôt soulever certaines questions mentionnées à plusieurs reprises dans la littérature et qui intéressent les Canadiens.

Pour ce qui est des substances chimiques spécifiques, NAS (1973) contient des listes complètes, et certaines questions clefs ont été soulevées ailleurs (e.g. SCEP 1970). Les sujets qui reviennent souvent sont devenus familiers à la plupart des Canadiens : le mercure et autres métaux lourds, le pétroie, les BPC et autres hydrocarbures chlorés, les apports d'éléments nutritifs dans les océans ou dans les eaux douces, les déchets nucléaires et le transport du soufre (surtout la question de la précipitation acide). Il serait répétitif de revenir ici sur les points particuliers se rapportant à ces sujets généraux; cependant, un groupe chargé d'établir des priorités aurait intérêt à les étudier.

Il existe plusieurs autres problèmes qui méritent une recherche canadienne. Des travaux peuvent déjà être en cours dans certains domaines, et les sujets que nous suggérons ne veulent ni inclure ni juger ces travaux.

Les quantités croissantes de polluants métalliques introduits dans les océans du monde sont un sujet de préoccupation de la part de la communauté scientifique marine. Une grande partie de cette contamination résulte directement de l'utilisation de métaux tel le mercure, la moitié de la production totale mondiale étant ajoutée annuellement à l'environnement océanique. Il est difficile de quantifier et de dépister une bonne partie de cette pollution, car elle est causée par des opérations minières et activités connexes, ou par l'usage de combustibles fossiles (e.g. Marine Poll. Bull., 1975. 6(6): 81-96).

La répercussion des toxiques sur les prédateurs aquatiques est un problème, non pas en ce qui concerne une diminution en nombres ou la perte complète d'espèces per se, mais à cause de la probabilité que la productivité ou l'équilibre du système auquel ils appartiennent en sera affectée (Steele, dans Dryssen et Jagner 1972; SCEP 1970).

L'usage accru d'engrais et de pesticides synthétiques concentrés a augmenté la productivité agricole. Par ailleurs, bien que la productivité agricole ait augmenté de 50%, l'emploi d'engrais chimiques a augmenté de 300% dans certaines régions d'agriculture intensive. On semble donc atteindre le point de rendement non proportionnel, et il y aurait lieu de réexaminer ces pratiques.

On est à la poursuite de ressources énergétiques sans trop connaître exactement le coût d'exploitation. Comme Rowland (1975) le soulignait récemment, « Ce que nous sommes portés à oublier, c'est que l'énergie présente dans la terre ne nous est d'aucune utilité jusqu'à ce qu'elle soit découverte, extraite, traitée et livrée, et que toutes ces étapes consomment elles-mêmes de l'énergie. Dans le passé, nos réserves étaient hautement concentrées et d'accès facile, mais elles deviennent de plus en plus inaccessibles, et il nous faut détourner de plus en plus d'énergie vers la découverte d'énergie.

On atteindra éventuellement un point où l'énergie consommée dépassera l'énergie produite ».

Le développement des sables bitumineux de l'Alberta en est un exemple. On se propose de développer le cours supérieur de la rivière Athabasca pour son potentiel hydro-électrique, et une bonne partie de l'énergie ainsi obtenue sera détournée vers la région des sables bitumineux afin de satisfaire aux besoins en énergie des nouvelles régions urbaines et des usines d'extraction de pétrole. De plus, les estimés préliminaires semblent indiquer qu'une bonne partie des hydrocarbures récupérés sera consommée dans la production du pétrole brut synthétique pour le marché. Si l'on considère l'investissement de capitaux requis pour les sables bitumineux, et les pertes encourues lors de la conversion énergie hydro-électrique–énergie électrique–pétrole, on peut se demander si on ne devrait pas étudier la possibilité d'acheter pour chaque Canadien une voiture électrique. Cette suggestion peut sembler facétieuse, mais elle sert à illustrer le fait que dans des situations comme celle-ci, les gouvernements ne considèrent que rarement les décisions fondamentales sur l'énergie ou encore des prises de décisions énergiques. Si l'on ajoute à cela la production de polluants et leur emploi, on se demande si des développements d'une telle envergure sont à l'avantage du Canada.

Bien que des considérations politiques puissent falsifier les questions elles-mêmes, les gens à formation technique et scientifique trouveraient bon que de telles questions simples et générales soient considérées, étudiées et discutées avant tout projet de développement.

La vaste région au nord de 60°N est en train de se développer, et la plupart des observateurs prédisent que le développement s'intensifiera. Ces activités auront une répercussion physique et chimique sur les eaux arctiques et sur leurs ressources halieutiques.

Mann (1975), dans une étude commandée par l'ORP, met également en lumière les problèmes de l'Arctique. Il fait remarquer « qu'il y a un manque surprenant de programme en océanographie chimique dans l'Arctique. Non seulement n'y a-t-il pas de programme, mais personne ne songe à un programme .... » Cette lacune est surprenante devant la prétention canadienne à la souveraineté dans l'Arctique. J'ajouterais ceci à la phrase de Mann « ... au Canada, alors qu'il est évident que les autres pays sont assez actifs avec leurs appareils de télémétrie, leurs marines et leur planification. » M. Mann note également la tendance à appliquer à l'Arctique des données acquises dans les régions tempérées. De telles extrapolations peuvent être justes, mais on n'en sait rien, car le Canada n'a fait que peu ou pas de recherche sur ces sujets dans l'Arctique. On a très peu d'expérience avec les polluants dans les eaux douces et marines arctiques, et on a dû récemment s'adresser aux autorités du Groenland pour des conseils en la matière. Nous appuyons donc fortement les recommandations de Mann concernant une activité accrue dans les régions maritimes du Haut-Arctique. Ces activités devraient également s'étendre aux eaux douces. Nous suggérons que le Canada organise une série d'ateliers de travail auxquels seraient invités des experts mondiaux, dans le but de définir les problèmes et les non-problèmes concernant le développement arctique et subarctique.

À la suite de ces réunions, on fera des recommandations qui seront publiées. Trop souvent, les résultats d'efforts de cette nature sont enterrés dans des dossiers gouvernementaux poussiéreux, inconnus du public et ignorés des bureaucrates.

Comme point de départ de telles réunions, on pourra examiner ce que l'Institut des eaux douces a fait récemment.

Au début de 1974, le Directeur de l'Institut demandait à son scientifique principal, M. J. R. Vallentyne, de réunir un groupe en vue d'étudier les lignes directrices d'une stratégie de recherche à être entreprise dans le Nord par l'Institut. Le document qui en est résulté mit en lumière plusieurs problèmes qui engageaient l'Institut dans de nouvelles voies. Un point particulier de cette revue a été l'exploration et le développement des hydrocarbures, sur lesquels le groupe a mis l'accent. Le groupe a fait ressortir cinq domaines auxquels l'Institut devrait s'intéresser, et il est intéressant de noter que deux concernent les polluants : (1) le pétrole et les produits pétroliers, les effets de déversements de pétrole et de produits pétroliers, et les méthodes de nettoyage dans les écosystèmes aquatiques septentrionaux et (2) les déchets industriels, études sur la réponse des écosystèmes aquatiques septentrionaux aux apports d'effluents de déchets miniers. Parmi la liste de neuf groupes distincts de sujets de recherche, je soulignerais les suivants : (a) pétrole et produits pétroliers avec quatre domaines majeurs de recherche; (b) rejet des égouts avec trois domaines majeurs de recherche; (c) déchets industriels avec deux domaines majeurs de recherche; et (d) pesticides et retardateurs d'incendie avec trois domaines majeurs de recherche, tous en relation avec le Nord. Le groupe a également souligné la possibilité de déchets thermo-nucléaires en rapport avec tout développement futur de réacteur au nord du 60e parallèle.

Éducation du public

Lors de récentes audiences publiques, un citoyen présentait un mémoire intitulé « La dilution

n'est pas une solution à la pollution. » Le mémoire affirmait entre autres que « rien d'autre qu'un contrôle total de l'émission des polluants n'est acceptable, et ceci ne veut pas dire que vous pouvez déverser dans l'eau une petite tasse de poison, comme par exemple une livre d'arsénic par année dans l'eau. Ceci veut dire aucun polluant. C'est ça qu'on veut dire, et c'est comme ça que ça devrait être ... » (Tapwe J. A. L. Chretian, Giant Yellowknife Mines Hearing, 22 avril 1975).

Ces mots, sans aucun doute, viennent du fond du coeur et reflètent le point de vue d'un citoyen intéressé mais relativement peu informé. C'est là la réponse d'une personne qui ne réalise pas que, dans l'état présent de la technologie, le contrôle total de l'émission des polluants est impossible. Il ne peut saisir qu'une partie du problème.

Toute personne qui lit les nombreuses publications sur le sujet réalise de plus en plus le manque réel de toute aptitude de notre part, localement, provincialement, nationalement ou même internationalement, à en arriver à une décision bien raisonnée concernant l'usage ou le non-usage d'un toxique.

On semble aimer les solutions à court terme et éviter les problèmes à long terme. Ces derniers affectent toute la société et nécessitent des décisions politiques aussi bien que scientifiques et sociologiques. Les décisions affectent le public dont le bien-être total est une question très importante, que le public le sache ou non. Par conséquent, l'éducation du public est une question clef.

« De nos jours, la science touche presque tous les aspects de nos vies, et on peut s'attendre que cette dominance ira en s'accentuant. Il est donc dans l'intérêt de tout le monde, scientifiques ou non, de mieux comprendre la science et ses applications, ne serait-ce que pour apprendre à mieux profiter de ses bienfaits et à éviter ses pièges. On peut qualifier cette compréhension de 'degré d'instruction scientifique'. » (Shen 1975).

La science a contribué beaucoup à améliorer le bien-être de l'homme grâce à la conception, la synthèse et l'application de la chimie (Khan 1973). Il est donc raisonnable qu'il ait dû se développer rapidement dans ce domaine un « degré d'instruction scientifique ». Cependant, on se demande s'il s'est même développé une compréhension ou un « degré d'instruction ».

On a estimé dernièrement que, sur les 2 millions de substances chimiques synthétisées, on en a testé seulement environ 6 000 quant à leurs propriétés cancérigènes, et seulement la moitié de ces dernières ont été adéquatement testées (Gillette 1974). Par conséquent, l'homme semble se préoccuper remarquablement peu de son propre bien-être et de celui de son environnement dont il est tellement dépendant.

Il est généralement reconnu que l'emploi de pesticides est un facteur majeur dans la lutte contre les maladies tel le paludisme. On peut également associer une production alimentaire accrue à l'application de pesticides (Decker 1973). On a de plus estimé que sur les 1.2 milliard de livres de pesticides produits aux É.-U., moins de 1% atteint les espèces cibles et, lorsque appliqués par aéronef, seulement 25-30% atteignent même la région cible (Pimental et Goodman 1973). C'est donc dire que même notre degré d'instruction technologique est en doute.

Le public est au courant de l'usage à grande échelle de substances chimiques nouvelles pour l'environnement, mais ce n'est que récemment qu'on a exprimé de l'inquiétude concernant l'introduction accidentelle de ces matériaux dans l'environnement. La masse d'eau la plus proche est encore considérée comme un puits sans fond pour nos déchets. Malheureusement, nous rejetons nos déchets à une échelle et à un rythme tels que même des « puits sans fond » comme les mers Baltique et Méditerranée sont menacés et qu'on exprime des inquiétudes sur la stabilité de l'océan mondial lui-même (SCEP 1970). Cependant, il se peut qu'un certain « degré d'instruction scientifique » soit en voie d'émerger; le public commence à se préoccuper des « pièges » (Shen 1975) de ces politiques. Le nombre de journalistes bien informés, ainsi que les articles qui apparaissent dans les média d'information publics ont augmenté de façon étonnante. La réaction des gouvernements dans le monde entier a été de produire une législation et d'augmenter les ressources.

Le Canada a emboîté le pas et est en train d'investir ou se propose d'investir des ressources vers la solution de ces problèmes. L'investissement public dans des problèmes particuliers à l'environnement aquatique est considérable et semble croître; il est donc approprié de recommander un mode d'action.

La question clef est que le public ne comprend pas ou n'apprécie pas le pourquoi et le comment des décisions. Pour citer Shen (1975) :

> « Décrit de façon peut-être simpliste, le processus de décision concernant un problème public typique lié à la science est quelque chose comme ceci. Dans une première phase, on évalue les risques ou les bénéfices possibles de l'action proposée, on met en branle un processus hautement technique avec cueillette de données scientifiques, processus qui se termine avec l'élaboration, fondée sur l'évidence,d'une table de risques et de bénéfices. Ensuite, dans une seconde phase, on décide d'une politique d'agir ou de ne pas agir sur la bas de la table de risques-bénéfices. Une décision de cette nature ne requiert pas de formation technique.
>
> « Une difficulté que l'on rencontre aujourd'hui

avec des problèmes impliquant la science est que le profane est souvent incapable de séparer la première phase de la seconde. La situation ne s'améliore pas quand les scientifiques qui se prononcent sur des question publiques ne précisent pas toujours où finit la science et où commencent le opinions personnelles; et la confusion du profane augmente quand, au lieu d'avoir une seule table de risques-bénéfices, il se trouve en face de plusieurs qui se contredisent, et qui toutes commandent l'attention. Qui donc devra-t-il croire? »

Cette situation devrait changer sans qu'on ait à faire appel à ce que Shen appelle une propagande scientifique. Il est essentiel pour la sûreté et le maintien de l'environnement d'entreprendre une campagne visant à augmenter le degré d'instruction scientifique du public canadien. On ne doit pas dépendre des scientifiques pour cette campagne, car ils sont notoirement incapables de communiquer avec des non-scientifiques. En outre, je suggérerais qu'il est tout aussi important d'améliorer le « degré d'instruction publique » du scientifique canadien! En fait, un récent éditorial (David 1975) mentionne le besoin de scientifiques manchots, car, lors de récentes audiences aux É.-U., les scientifiques appelés à témoigner ne cessaient de dire : « on one hand, the evidence is so, but on the other hand ... » Le fonctionnaire en charge de l'information ne serait pas non plus très satisfaisant, n'étant probablement pas plus qu'une source de propagande.

Nous recommandons que l'éducation scientifique du public soit encouragée par un appui donné à la télévision, à la radio, à des films et à des auteurs quand la compétence l'emporte sur la recherche du sensationnel. Les décisions concernant les substances chimiques toxiques et le rejet d'effluents sont essentiellement politiques; pour qu'à long terme ces décisions soient bonnes, il faut un public aussi bien informé que possible. L'éducation scientifique du public est un investissement mineur des ressources nationales, mais en est un qui est réellement prometteur en termes de bénéfices.

Résumé

Le Canada a réussi à éviter des désastres écologiques semblables à ceux qu'a subis le Japon, possiblement par chance, par dilution et grâce à l'intuition des professionnels canadiens chargés de la recherche et du contrôle. Les responsables des politiques doivent réaliser que ce succès a peu de chances de durer bien longtemps. En fait, un joueur de poker prédirait que ces chances sont minimales.

Il est peu de réponses claires aux problèmes soulevés dans cette étude; cependant, nous suggérons certaines mesures à prendre par les autorités. Ces suggestions peuvent être l'objet de discussions ou, au pis aller, être acceptées comme telles. Par ailleurs, cette étude ne prétend pas considérer les problèmes de santé humaine.

1re mesure. Passer en revue les incidents où des polluants ont affecté les pêches commerciales ou sportives – la baie de Plaisance, les lacs acides près de Sudbury, le mercure et les BPC dans le bassin des Grands lacs. On devra dans cette revue définir le coût de ces incidents pour la communauté, indiquer les coûts de programmes appropriés de contrôle et de recherche, et évaluer leur utilité à atténuer l'impact des toxiques. Une comparaison des données économiques sur ces incidents peut conduire à la conclusion qu'il faudrait abandonner tout effort de contrôle et de recherche, mais il ne devrait pas en être ainsi, surtout si les répercussions sociologiques sont considérées en même temps que l'économique. Ceci conduit à :

2e mesure. Établir le sens d'un engagement envers la solution de tels problèmes; développer un sens de budget et de politique. On a spécifiquement besoin d'une politique, mais on ne peut en élaborer une intelligemment sans que les responsables ne connaissent les coûts qu'elle entraînerait. Parmi les questions spécifiques se rapportant aux politiques et qui ont besoin d'être discutées ou résolues, il y a le degré d'intérêt public (le niveau de contrôle vs le coût qu'il entraîne), le rôle des organismes gouvernementaux et la philosophie du principe que le « responsable de la pollution paye ». Ayant une idée des conséquences et des coûts d'ignorer le problème et ayant une certaine orientation quant à la politique, on passe à :

3e mesure. Etablir des priorités. Quels sont les intérêts canadiens dans ces questions? Quels sont les priorités de recherche et de contrôle, étant donné que le Canada n'a pas les moyens d'évaluer chaque problème également bien? On devra mettre sur pied de nouveaux mécanismes pour ce processus. L'accès aux données industrielles est essentiel au succès de tout mécanisme de ce genre. Ces priorités conduisent à :

4e mesure. Poursuivre des programmes de recherche et de contrôle, s'assurant que les ministères des gouvernements fédéral et provinciaux travaillent en étroite coopération.

Conclusion: Il se peut que la recherche et le développement soient les activités clefs dans ce domaine. On ne peut retarder ces activités sans accepter le risque accru pour la population et pour l'environnement.

Les risques proviennent d'un emploi et d'une distribution des toxiques sans cesse croissants. Le Canada peut-il ignorer à la fois les bons et les mauvais exemples que nous fournissent des pays hautement industrialisés tels que l'Angleterre, l'Allemagne et le Japon? Ceci n'est pas un plaidoyer

en faveur d'un appui sans limite à la recherche, mais plutôt une requête de réévaluation des attitudes courantes à la lumière des problèmes courants. Des déclarations publiques récentes par certains membres de la communauté scientifique concernant les attitudes et l'appui du gouvernement à l'endroit de la science sont probablement moins qu'utiles aux représentants élus. Ce dont on a plutôt besoin est une approche unifiée et bien raisonnée auprès du cabinet et du Parlement de la part de tous les intéressés.

Remerciements

Je désire remercier MM. A. L. Hamilton, R. R. Wallace, J. F. Klaverkamp, K. Patalas, W. L. Lockhart et W. G. Franzin pour les commentaires qu'ils ont bien voulu faire après lecture des épreuves du manuscrit. Je remercie également M^me^ G. Decterow pour sa contribution à la forme et à la précision de la copie dactylographiée finale.

M. E. B. Stolee nous a beaucoup aidé dans le travail d'édition, et nous lui en sommes reconnaissant.

Références

ALBERTA ENVIRONMENT CONSERVATION AUTHORITY. 1974. Public hearings into the use of pesticides and herbicides in Alberta. Biocide use in Alberta. Pt I. 64 p.

ANON. 1973. A background to water reorganization in England and Wales. Annex C. Her Majesty's Stationery Office.

1974. The all Canadian clean-up, the work of the Environmental Protection Service. Environ. Prot. Serv. EN 41-11/1974: 14 p.

1975. FDA rapped for delay on new drugs. Science 189: 864.

CANADA WATER YEARBOOK. 1975. Ottawa, Canada. 232 p.

DAVID, E., JR. 1975. One armed scientists? Science 189 (4204): 679.

DECKER, GEORGE C. 1973. Costs and benefits of pesticides: an overview, p. 447-471. *Dans* M. A. O. Khan and J. P. Beclerka [ed.] Survival in toxic environments. Academic Press, New York, N.Y.

DE FREITAS, A. S. W., D. A. KUSHNER, AND S. U. QADRI [ED.] 1974. Proceedings of the international conference on transport of persistent chemicals in aquatic ecosystems. Nat. Res. Counc. Can. 334 p.

DJERASSI, C., C. SHIH-COLEMAN, AND J. DIEKMAN. 1974. Insect control of the future: operational and policy aspects. Science 186: 596-607.

DRYSSEN, D., AND D. JAGNER. 1972. The changing chemistry of the oceans; proceedings of twentieth Nobel Symposium. Wiley-Interscience. New York, N.Y. 365 p.

FAHNESTOCK, G. 1969. Environment: emotion takes over. Science 166: 43.

FAO. 1974. Directory of institutions engaged in pollution investigations (contaminants in aquatic organism). FAO Fish. Circ. 325: 39.

FEDERAL INTERDEPARTMENTAL COMMITTEE ON PESTICIDES. 1975. Minutes of the March 25, 1975, meeting of the Federal Interdepartmental Committee on Pesticides. Can. Dep. Agric. 6 p.

FISCHER, D. W. 1974. Environmental impact assessment as an instrument of public policy for controlling economic growth. Int. J. Environ. Stud. 6: 233-242.

FISHERIES RESEARCH BOARD OF CANADA. 1966. Aquatic pollution studies, 1902-1966. Fish. Res. Board Can. Misc. Spec. Publ. 9: 591 p.

GILLETTE, R. 1974. Cancer and the environment (II): groping for new remedies. Science 186: 242-245.

HOOD, D. W. [ED.] 1971. Impingement of man on the oceans. Wiley-Interscience. Toronto, Ont. 738 p.

KHAN, M. A. W. 1973. Introduction, p. xix-xxi. *Dans* M. A. W. Khan and J. P. Bederka Jr. [ed.] Survival in toxic environments. Academic Press. New York, N.Y.

LOOMIS, T. A. 1974. Essentials of toxicology, 2nd ed. Lea & Febiger, Philadelphia, Pa. 233 p.

LUNDKVIST, S. 1974. The act on products hazardous to health and to the environment; the new legislation with a commentary. R. Min. Agric., Stockholm, Sweden.

MACKAY, D., AND W. HARRISON [ED.] 1973. Oil and the Canadian environment. Proc. Conf., Inst. Environ. Sci. Eng., University of Toronto, Toronto, Ont.

MANN, C. R. 1975. Chemical oceanography in Canada. J. Fish. Res. Board Can. 33: 1451-1469.

MCKINNON, J. M., G. M. CHRISTENSEN, J. H. TUCKER, D. A. BENOIT, AND M. J. LEWIS. 1974. Effects of pollution of freshwater fish. J. Water Pollut. Control Fed. 46(6): 1540-1591.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1973. Water quality criteria, 1972. A report of the committee on water quality criteria. U.S. Natl. Acad. Sci., Natl. Acad. Eng. 594 p.

1975. Principles for evaluating chemicals in the environment. U.S. Natl. Acad. Sci.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL OF CANADA. 1975. Directory of federally supported research in universities. Can. Inst. Sci. Tech. Inf., Natl. Res. Counc. Can. 2 vol., 14570: 731, 800 p.

NATIONAL SWEDISH ENVIRONMENTAL PROTECTION BOARD. 1973. PCB Conference II, Stockholm, 1972. Natl. Swed. Environ. Prot. Board.

NELSON, R. I. 1973. An industry point of view in: pollution and the fisheries. Environ. Prot. Ser. Rep. 3-WP-73-4: 35 p.

PIMENTAL, D., AND N. GOODMAN. 1973. Environmental impact of pesticides in survival in toxic environments, p. 25-52. *Dans* M. A. W. Khan and J. P. Bederka, Jr., [ed.] Survival in toxic environments. Academic Press, New York, N.Y.

ROWLAND, W. 1975. The answer, Mr. Turner, is blowin' in the wind. Maclean's. Aug.: 6.

SCOTT, F. I., JR., 1974. The editor's page. Am. Lab. Oct.: 6.

SEBA, D. B. 1975. Toxicity index for permits, p. 199-259. *Dans* G. D. Veith and D. E. Kanasewich, [ed.] Structure-activity correlations in studies of

toxicity and bioconcentration with aquatic organisms. Int. Joint Comm.

SHEN, B. S. P. 1975. Science literacy. Bull. At. Sci. 265–268.

STUDY OF CRITICAL ENVIRONMENTAL PTOBLEMS. 1970. Man's impact on the global environment. Report of the study of critical environmental problems (SCEP). MIT Press Cambridge, Mass. 319 p.

SUMMERS, P. N., AND D. M. WHELPDALE. 1975. Acid precipitation in Canada. Abstracts First Int'l Symp. Acid precipitation and the forest ecosystem. Columbus, Ohio.

SUTTON, R. M. D., C. QUALDING, AND R. LAPRADE. 1972. Inventory of pollution-relevant research in Canada. Natl. Res. Counc. Interim Rep. 12678, Vol. I, II: 310 p.

VEITH, G. D., AND D. E. KONASEWICH [ED.] 1975. Structure-activity correlations in studies of toxicity and bio-concentration with aquatic organisms. Int. Joint Comm.

WALDICHUK, M. 1973. International approach to the marine pollution problem. Ocean Manage. 1: 211–261.

WHELAN, E. 1975. Chemical sprays praised. Winnipeg Free Press, Aug. 1975.